

Die Rätsel der Bilder ...

Kunstlehrer lieben es, die Hirne ihrer Schüler mit Bildinterpretationen zu traktieren. Das Fotomotiv zur Rechten zeigt den edlen Bundesadler, festgekettet an eine Sitzbank. Er befindet sich, es sei hier aber nicht verraten wo, in Clausthal-Zellerfeld. Hält der Eisenvogel die Bank fest oder hängt jene schwer an des Adlers Gefieder, ihn an kühnem Fluge hindernd? Würde gar erst ein wohlbeleibter, sich auf der Bank räkelnder Mann den Vogel hilflos am Boden flattern lassen? Wer genau hinschaut erkennt, das arme Eisentier ist am Mauerwerk fixiert! So heißt des Bildes Botschaft: Der gefesselte Adler sichert die teure Sitzbank. Leben kann ganz schön schnöde sein.

Nun, dank Wissenschaft und frischen jungen Leuten, zeigt das Leben an einer Universität dann doch Perspektiven! So hatte Professor Dr. Dieter Kaufmann in diesem Sommer Frau Dozentin Dr. Nüket Öcal mit ihrer Doktorandin Frau Yolacan von der Technischen Yildiz Universität aus Istanbul zu Gast. Gemeinsam synthetisieren sie künstliche Molekülvarianten des Botenstoffs GABA (Gamma-Amino-Buttersäure), welche möglicherweise eine angstdämpfende Wirkung entfalten, allerdings ohne störende Begleiterscheinungen wie Schläfrigkeit und Vergesslichkeit. (S. 16)

Einem drängenden Umweltproblem widmen sich Professor Dr.-Ing. Wolfgang Busch und Dr.-Ing. Klaus Maas: Im Raum Staßfurt sind die Spätfolgen des um 1972 eingestellten und

gefluteten Kalibergbaus allgegenwärtig. Durch unkontrollierte Salzlösungsprozesse im Untergrund vergrößern sich die solegefüllten Hohlräume. An der Tagesoberfläche kommt es zu großflächig auftretenden Senkungen und Tagesbrüchen. Sanierungsmaßnahmen sind dringend erforderlich. Bloß welche, das ist die Frage, denn die Salzlösungsprozesse im unzugänglichen Untergrund sind unklar. Wie also sind effiziente und nachhaltige Sanierungsmaßnahmen festzulegen? Anregungen dazu liefern die Wissenschaftler, indem sie für einen Teilbereich ein Modell des Salzlösungsprozesses erstellen. (S. 35)

„Der Mensch lebt nicht vom Brot allein“ – und auch nicht nur von intellektueller Geistesnahrung. Während der diesjährigen Fußballweltmeisterschaft war die Mensa Treffpunkt aller, die auf der Großbildleinwand die Spiele verfolgten. Ein Höhepunkt dieser Tage war das Freundschaftsspiel der Clausthaler



kamerunischen Sprachschüler und Studenten mit der Mannschaft der Universität und des Landkreises. Die Gesichter der Kameruner, nachdem sie mit einem 1:5 das Spielfeld verlassen hatten, zeigen: Ihre Freude am sportlichen Spiel hätte auch bei einem umgekehrten Ergebnis kaum größer sein können.

Spannungen ganz anderer Art erleiden metallische Werkstoffe bei Professor Dr. Juri Estrin und Dr.-Ing. Ralph Hellmig. Sie pressen ein Werkstück durch einen winkligen Kanal und erreichen durch die schwere plastische Verformung eine derartige Kornfeinung, dass sich die mechanischen Eigenschaften des Metalls dramatisch ändern. Es weist eine erhöhte Duktilität bis zur Superplastizität mit gleichzeitig stark erhöhter Festigkeit und Streckgrenze auf. (S. 29)

Eine spannende Lektüre wünscht,

(Jochen Brinkmann)



Foto: Astrid Abel



Foto: Institut für Metallurgie.

Nummer 11 · 6. Jahrgang · Oktober 2002

► Das Bild zeigt den Tropfen einer Magnesiumlegierung. Er wurde schwebend erschmolzen, weil beim klassischen Schmelzen im Tiegel Reaktionen vom Magnesium mit dem Tiegel nicht ausgeschlossen sind. So wird in der Schwebeschmelzanlage durch einen Hochfrequenzgenerator im Metall ein Strom induziert, der seinerseits ein Magnetfeld erzeugt, das die Metallprobe anhebt. Der induzierte Strom sorgt auch dafür, dass die Probe im schwebenden Zustand erschmolzen wird. Wird der Generator abgeschaltet, fällt die Probe herunter und erstarrt auf einen Schlag in dem wassergekühlten Tiegel.

HYDRAULISCHES AUFWEITEN

Die Herstellung und Nutzung kraftschlüssiger Welle-Nabe-Verbindungen mittels dem „hydraulischen Aufweiten“ hat bedingt durch seine geringere Abmaßempfindlichkeit gegenüber den klassischen Fügeverfahren (z.B. thermisches Querverfügen oder Längspresen) entscheidende Vorteile. Der Beitrag zeigt Verfahrensanwendungen aus dem Apparatebau und beschreibt sowohl die Fügeverfahren als auch Ergebnisse analytischer Untersuchungen an dieser neuartigen Welle-Nabe-Verbindung. Abschließend erfolgt die Vorstellung neuer industrieller Anwendungen.

Seite 20

matisch verändern – darunter stark erhöhte Festigkeit, höhere Temperaturbeständigkeit, Zunahme der Wasserstoffspeicherkapazität. Dies eröffnet interessante Möglichkeiten für die Anwendung ...

Seite 29

RUBRIKEN

Editorial	1
Campus	4
Forschung	13
Personalien	47
Nachrichten	54

7 JAHRE SONDERFORSCHUNGSBEREICH MAGNESIUM-TECHNOLOGIE

Der Sonderforschungsbereich SFB 390 „Magnesiumtechnologie“ wurde Mitte 1995 an der TU Clausthal und der Universität Hannover eingerichtet und von der Deutschen Forschungsgemeinschaft DFG sieben Jahre lang gefördert.

S. 10

IMPRESSUM

Herausgeber

Der Rektor der Technischen Universität Clausthal, Prof. Dr. Ernst Schaumann (Adolph-Roemer-Str. 2A), und der Vorsitzende des Vereins von Freunden der Technischen Universität Clausthal, Prof. Dr.-Ing. Ekkehard Schulz (Osteröder Straße 8), beide in 38678 Clausthal-Zellerfeld.

Verlag und Anzeigen

VMK
Verlag für Marketing & Kommunikation GmbH & Co.KG
Faberstraße 17, 67590 Monsheim
Telefon: 0 62 43 / 9 09-0
Telefax: 0 62 43 / 9 09-400
www.vmk-verlag.de

Titel & Layout

Druck & Verlag Erdelmeier
Wasserturmstraße 1, 67549 Worms
Telefon: 0 62 41 / 9 58 52-0
Telefax: 0 62 41 / 9 58 52-33

Redaktion

Jochen Brinkmann, M. A.
G.-Rauschenbach-Straße 4
Telefon: 0 53 23 / 72 77 55
Telefax: 0 53 23 / 72 77 59
Dr.-Ing. Lothar Schmidt
(Betreuung der Autoren)
Graupenstraße 3
Telefon: 0 53 23 / 72 21 41
Telefax: 0 53 23 / 72 22 03
(beide in 38678 Clausthal-Zellerfeld)

TU Contact erscheint als Zeitschrift der TU Clausthal. Bezugspreis (für Mitglieder im Beitrag enthalten): 3,00 € zuzüglich Versandkosten.

DRUCKLUFT ALS ENERGIETRÄGER

Im Rahmen umweltschonender Stromgewinnung werden bei Stromüberschuss Kompressoren angetrieben, die Druckluft erzeugen. Die in Behältern gespeicherte ungekühlte Druckluft treibt zu Zeiten erhöhten Strombedarfs Turbinen an, die über Generatoren wieder Strom erzeugen.

Seite 17

WERTVOLLE MOLEKÜLBAUSTEINE

Anhand ausgewählter Synthesebeispiele wird gezeigt, dass die leicht zugänglichen Nitrohalogenbutadiene interessante und breit einsetzbare Molekülbausteine zum stufenweisen, selektiven Aufbau heterocyclischer Schlüsselstrukturen und bioaktiver Verbindungen darstellen. Anwendung finden solche Stoffe als Ausgangsmaterialien für die Farbstoffchemie, für die Photolithographie sowie besonders zur Herstellung von hochaktiven Pharm- und Pflanzenschutzwirkstoffen.

Seite 26

KALIALTBERGBAU

Am Institut für Geotechnik und Markscheidewesen der TU Clausthal wird ein fachthematisches Modell entwickelt, welches zum Verständnis und zur Prognose von dynamischen Salzlösungsprozessen in gefluteten Kalialtbergwerken beitragen soll. Dazu wird das Konzept eines Temporalen Geoinformationssystems (T-GIS) genutzt. In einer objektorientierten Datenbank werden neben Expertenwissen thermodynamische Berechnungen und Massen-Volumenbilanzen, sowie topologische und geometrische Randbedingungen verwaltet. Die Visualisierung der Prozesse basiert auf Volumen-NURBS (Non Uniform Rational Basis Splines).

Seite 35

VERBESSERTE WERKSTOFFE

Durch hochgradige plastische Verformung können sich physikalische Eigenschaften gewisser Metalle dra-

„Jugend trainiert für Olympia“ – an der TU Clausthal

Chemiebegeisterte Schülerinnen und Schüler aus Braunschweig, Wolfsburg, Goslar, Herzberg, Bad Gandersheim und Clausthal-Zellerfeld kamen am 7. und 8. Juni an die TU Clausthal, um sich auf die Internationale Chemie-Olympiade vorzubereiten, die nächstes Jahr in Griechenland stattfindet. Sie nahmen an einem speziellen Vorbereitungskurs teil, den die TU Clausthal mit finanzieller Unterstützung durch das Chemieunternehmen Chemetall neu eingerichtet hatte.

„Viele Schüler würden sich gerne an diesem Auswahlverfahren beteiligen, scheuen aber die Anfangshürde, denn die gestellten theoretischen Aufgaben sind komplex und liegen oft deutlich über Schulniveau. Unser Ziel ist es, den Schülerinnen und Schülern die Schwellenangst zu nehmen sich zu beteiligen“, erklärt Professor Dr. Arnold Adam vom Institut für Anorganische und Analytische Chemie die Zielsetzung des Trainingskurses.

Dr. Clemens Bedürftig, im Chemetall-Werk Langelsheim für das betriebliche Vorschlagswesen zuständig, zeigte sich sehr angetan von der Idee: „Die Chemische Industrie braucht Nachwuchs-Kräfte. Das Clausthaler Seminar ist ein guter zusätzlicher ‚Katalysator‘, engagierte junge Leute für ein Chemie-Studium zu interessieren und auf ihrem Weg dorthin zu begleiten.“

Im Anschluß an die Begrüßung durch den Prodekan Professor Dr.-Ing. Ulrich Konigorski, gaben Professor Dr. Arnold Adam, Privatdozent Dr. Andreas Schmidt und Privatdozent Dr. Jörg Adams den angereisten 25 Schülern ein „Privatissimo“ mit Tipps und Strategien zur Lösung der Aufgaben aus den Bereichen der Anorganischen, Organischen und Physikalischen Chemie. Die Clausthaler Wissenschaftler setzen mit ihrer



Das Clausthaler Seminar ist ein guter zusätzlicher „Katalysator“, engagierte junge Leute für ein Chemie-Studium zu interessieren und auf ihrem Weg dorthin zu begleiten.

Ermutung direkt an der Einstiegsschwelle, der Entscheidung zur Beteiligung, ein und zeigen, wie die „harten Nüsse“ geknackt werden können. „Sehr erfreut waren wir über die hochmotivierte und aktive Teilnahme der Schülerinnen und Schüler“ waren sich die Dozenten nach dem Seminar einig. „Das fast alle beteiligten Schüler und Schülerinnen nächstes Jahr wiederkommen wollen, ist zudem ein besonderer Ansporn für uns.“

Nach dem erfolgreichen Start dieses in dieser Form bisher einmaligen Seminars an einer niedersächsischen Hochschule laufen in Ab-

sprache mit dem Landesbeauftragten für die Chemie-Olympiade für den Regierungsbezirk Braunschweig, StD Dr. Hans-Rainer Porth vom Hoffmann-von-Fallerleben-Gymnasium in Braunschweig, bereits die Planungen für den nächsten Clausthaler Vorbereitungskurs.

Zur Zeit läuft die erste Runde für das Auswahlverfahren für den Wettbewerb 2003. Nach vier Auswahlrunden werden die Besten nach Griechenland ins Rennen geschickt und werden sich dort mit Mannschaften aus über 50 Nationen messen.

Eine Premiere an der Universität, der Examensjahrgang 1952 empfing das „Goldene Diplom“

Von Nina Jahnel

Ein halbes Jahrhundert nach ihrem Abschluß kamen die Bergbauabsolventen des Jahrgangs 1952 in der ehemaligen Bergakademie und heutigen TU Clausthal zusammen und nahmen ihre Goldene Diplomurkunde entgegen.

Der Rektor Prof. Dr. Ernst Schaumann hieß die Jubilare mit einem kräftigen „Glück auf!“ willkommen. „Ich stehe mit Freude vor Ihnen.“ Bewegt zeigte sich der Rektor von den zum Teil

schweren Lebenswegen dieser Generation, die, aus dem Krieg kommend, unter schwierigsten Bedingungen ihr Studium aufnahm, dankbar, dass Frieden herrschte. Freude erfülle ihn, dass die ehemaligen Studenten auch nach dieser langen Zeit ihrer alma mater die Treue hielten. Der Bergbau sei das Fundament dieser Hochschule, und so bekenne sich die TU Clausthal zu ihren Wurzeln.

Professor Schaumann skizzierte die Entwicklung der Universität seit den 1960er Jahren bis in die Gegenwart mit ihren jüngsten Wachstumsspitzen, der Verknüpfung der Wirtschaftswissenschaften mit den Ingenieurdisziplinen und die Einführung der Juniorprofessuren. Den Geist der alten Bergakademie, ein Gefühl der Zusammengehörigkeit, pflege man auch heute. „Professor und Student begegnen sich an der





Verbundenheit auch nach 50 Jahren. Die Bergingenieure des Jahrgangs 1952 zu Gast an ihrer Universität

Schlange vor der Kasse im Supermarkt, dann gibt es gleich dort eine kleine Studienberatung.“

Im Namen seines Examensjahrgangs bedankte sich Wolfram Weinmann, Assessor des Bergfachs und Ministerialrat a.D. für den freundlichen Empfang und erinnerte an die gemeinsame Studienzeit. Sein Jahrgang war der erste, welcher nach dem Krieg wieder Exkursionen ins Ausland, nach Schweden und England, unternehmen konnte. Er charakterisierte ihre Professoren: den „etwas rauhbeinigere“ Dorstewitz, den „etwas feineren“ Wöhlbier. „Geliebt haben wir den Physiker von Auwers. Er hatte auch über das Fach hinaus gehende Interessen, und manchmal konnte man ihn in Prüfungen auf philosophische Fragen ablenken“, erzählte Weinmann

Auch der Tanzkurs ist nicht vergessen, den die Studenten selbst organisierten. „Dafür mussten wir einen kleinen Handel mit dem Rektor einer Mädchenschule schließen: Koks gegen Tanzpartnerinnen.“ Den Bergbau hätten sie gewählt, weil er für den Wiederaufbau Deutschlands von hoher Bedeutung war, und, ganz praktisch und wesentlich, ihnen wegen ihrer mindestens einjährigen praktischen Tätigkeit vor dem Studium nun alle Bergwerke zum Geldverdienen offenstanden, und sie sich so das Studium, das anfangs sogar durch Studiengebühren belastet war, selbst finanzieren konnten. Den Luftschuttkeller des Oberbergamtes hätten sie verfüllt, erinnerte Weinmann.

Der Rektor schenkte jedem eine handsignierte Ausgabe des Buches „Im Wandel der Zeiten“ von Friedrich Balck, Georg Müller und Alfred K. Schuster. Neugierig wurde geblättert und gestaunt. „Das ist ja mein Onkel da auf dem Bild!“, war da zu hören.

„Sie sind zwar nicht wirklich golden, sondern grün, aber grün ist die Farbe des Harz“, erklärte Prof. Dr. Schaumann, als er die 50-Jahr Diplommurkunden überreichte. „Und dabei habe ich mein ganzes Leben Ehrenausszeichnungen und Orden abgelehnt“, hatte zuvor einer der agilen, fröh-

lichen Mitsiebziger seinem Nebenmann zugeflüstert. Die guten Wünsche und Sympathiebekundungen zwischen Rektor und den „50ern“ gingen hin und her: „Fahren Sie wohl!“, „Vivat, crescat, floreat alma mater clausthalensis!“

Geführt von Professor Dr.-Ing. Walter Knissel besichtigten die Goldenen Diplomanden anschließend das Bergbau-Institut. Zum Mittagessen trafen sie sich in studentischer Manier in der Mensa, ganz wie vor 50 Jahren. ■

Anzeige



Startbereit, um an der Zukunft des Automobils mitzuwirken?

Ja

Dann ergründen Sie Ihre Einstiegsmöglichkeiten

unter: www.bosch.de/jobs

Wir eröffnen Ihnen nicht nur interessante Startpositionen für den Berufseinstieg. Auch im Rahmen von Praktika sowie Studien- und Diplomarbeiten erwarten Sie bei uns spannende Aufgaben.

Bosch hat die Lösung



BOSCH

Neue Walzanlage eingeweiht: Grundlagenforschung zu Prozessparametern möglich

Eine automatisierte Walzanlage stellten am Donnerstag, den 4. Juli Prof. Dr.-Ing. Heinz Palkowski vom Institut für Metallurgie (IMET) und Herr Dipl.-Ing. Horst Anhaus, Firma iba GmbH aus Fürth, vor. Im Rahmen eines Kolloquiums wurden die Einsatzmöglichkeiten einer offenen IT-Technologie und die Aktivitäten der Werkstoffumformung im IMET vorgestellt.

Die Walzanlage mit einem Duo-/Quarto-Reversiergerüst zur Herstellung von Bandmaterial war schon lange im Institut vorhanden, aufgrund ihrer veralteten Steuerungstechnik den Anforderungen aber nicht mehr gewachsen. Mit iba konnte ein Partner gewonnen werden, der unter Nutzung seiner einzigartigen offenen IT-Technologie die Automatisierung und regelungstechnische Modernisierung übernommen hat. Um den besonderen Anforderungen eines Forschungsinstituts gerecht zu werden, wurde auf die freie Parametrierbarkeit der Prozessgrößen und deren messtechnische Erfassung und Aufzeichnung besonderer Wert gelegt. So lässt sich einerseits der Walzprozess im Rahmen von Forschungsprojekten optimieren, andererseits sind aber auch betriebsnahe Kleinserien realisierbar.

Das Besondere am Konzept von iba liegt darin begründet, dass es die Automatisierungskomponenten aller wichtigen Hersteller ohne umfangreiche Anpassungen adaptieren kann. Dieses hat sich inzwischen als Standard etabliert, so dass beispielsweise Siemens ihre Steuerungssoftware um Schnittstellen zum iba System erweitert hat. Während ursprünglich nur die reine Datenerfassung im Vordergrund stand, wird seit einiger Zeit auch die Steuerung selbst eingebunden. Die hiesige Walzanlage stellt deshalb gleichzeitig eine Demonstrations- und Referenzanlage dar.

Entsprechend groß war auch das Interesse bei der Vorstellung der Anlage. Die überwiegende Mehrheit der etwa 80 zum Kolloquium angereisten Gäste waren Vertreter der Industrie in leitender Position, neben Maschinenherstellern und Automatisierungsfirmen auch Mitarbeiter von metallzeugenden und -verarbeitenden Betrieben. In der Diskussion zeigte sich, wie effektiv eine offene IT-Technologie bei der Umstellung oder Modernisierung eingesetzt werden kann.

Bei der anschließenden Vorführung wurde die Anlage im vollautomatischen Betrieb gefahren und ein Stahlband in mehreren Stichen gewalzt. Auf Monitoren konnte man die lückenlose Echt-

zeitaufzeichnung der Prozessgrößen und die automatische Anpassung der Verfahrensparameter verfolgen.

Die nachfolgende Fachdiskussion verlief sehr angeregt und ließ das große Interesse der Teilnehmer an dieser Technologie erkennen. Dabei kam es bereits zu konkreten Überlegungen, wie die Anlage im Rahmen gemeinsamer Forschungsaktivitäten bei der Lösung walztechnischer Probleme genutzt werden könnte.

Ebenso wichtig ist ihr Einsatz als Instrument für Lehrveranstaltungen. Bestehende Praktikumsversuche wurden inzwischen an die neuen Möglichkeiten der Anlage angepasst. Im Rahmen einer Prozessanalyse kann man z.B. das Antwortverhalten der Maschine unmittelbar anhand der Echtzeitdarstellung der Messwerte demonstrieren und durch weiterführende Analyse der Datensammlung genauer beschreiben. Die Einbindung der Anlagensteuerung in das Institutsnetz erlaubt außerdem die Zusammenführung der Maschinendaten mit Messdaten, die bei der anschließenden Materialprüfung der Bänder gewonnen werden, so dass viel genauer und zeitsparender als bisher der Einfluss einzelner Verfahrensparameter auf das Walzprodukt herausgearbeitet werden kann. ■

Malta-Austausch

In diesem Sommer waren Studierende der Universität Malta bereits zum dritten Mal zu Gast in Clausthal. Mit Unterstützung des Deutschen Akademischen Austauschdienstes und des Akademischen Auslandsamtes der TU Clausthal absolvierten sie ein zweiwöchiges Praktikum am Institut für Werkstoffkunde und Werkstofftechnik, betreut von Professor Dr. Juri Estrin und Dipl.-Ing. Jean-Frédéric Castagnet. Für die maltesischen Studierenden wurde ein dicht gepacktes Programm in Theorie und Praxis der Materialwissenschaften vorbereitet. So hatten sie neben Praktika im Bereich der Metallographie, des Korrosionsschutzes und der Lasertechnologie die Möglichkeit, Einblicke in die Forschung an den Instituten für Metallurgie, Nichtmetallische Werkstoffe sowie Polymerwerkstoffe und Kunststofftechnik zu bekommen. Umrahmt wurde dieses Programm durch Firmenbesuche (Salzgitter AG und Volkswagen AG) und kulturelle Veranstaltungen.



Maltesische Gäste mit ihren Clausthaler Betreuern Prof. Dr. Juri Estrin (links) und Dipl.-Ing. Jean-Frédéric Castagnet (rechts).

Spätes Goldfieber: Wie kam es zu dem Gold rush im amazonischen Urwald vor 20 Jahren?

„Die Eule der Minerva fliegt in der Dämmerung“, heißt es sinngemäß bei Hegel. Im Falle des größten Goldrausches in jüngster Zeit, jener rund 80.000 „Garimpeiros“, die in den achtziger Jahren mit Hacke und Schaufel ein 120 Meter tiefes Loch im Regenwald des brasilianischen Amazonas gruben, verhielt es sich ähnlich. Denn erst jetzt wurde ein längst vergessener Bohrkern aus der Mitte jenes gigantischen Tagebaus in einer Länge von rund 80 Metern mineralogisch und chemisch untersucht. Die Ergebnisse werden jetzt in der Fachzeitschrift *Economic Geology* (Vol. 97, 2002, pp. 1125-1136) veröffentlicht und machen den Grund für die damalige Völkerwanderung verständlich: Der Bohrkern der Serra Pelada Gold-Palladium-Platin-Lagerstätte zeigt sensationelle Metallgehalte.

„In einem 40 m langen Bohrkernabschnitt stellten wir Goldgehalte von rund 4700 Gramm pro Tonne, Palladiumgehalte von 1200 Gramm pro Tonne und Platingehalte von 200 Gramm pro Tonne fest“, erklärt Professor Dr. Bernd Lehmann vom Institut für Mineralogie und Mineralische Rohstoffe der TU Clausthal, der zusammen mit seinem Doktoranden Alexandre Cabral den Bohrkern untersucht.

„Derartige Edelmetallgehalte über größere Teufen sind absolut ungewöhnlich und bisher nirgendwo auf der Erde dokumentiert. Das war die einzigartige Triebkraft für den größten Gold rush in den letzten hundert Jahren“, sagt Professor Lehmann.

1984 lief der 120 m tiefe und rund 300 m im Durchmesser umfassende Tagebau von Serra Pelada mit Wasser zu, und es entstand ein See. Damit kam der Goldrausch zum Erliegen. Den Abenteurern folgten die Geologen. Planmäßige Bohruntersuchungen um den Tagebau herum konnten zwar Golderze nachweisen, aber nur mit im Weltmaßstab „normalen“ Metallgehalten von wenigen Gramm pro Tonne Erz. Das Super-Reicherz aus der Gold rush-Zeit war abgebaut und wissenschaftliche Informationen dazu existierten nicht. Erst der verschollene historische Bohrkern lässt als einziger Zeuge erkennen, was für eine Anziehungskraft die Serra Pelada-Lagerstätte gehabt haben muss, aus der insgesamt per Hand in vier Jahren rund 70 Tonnen Gold, Palladium und Platin gewonnen wurden. Dies entspricht einem heutigen Metallwert um 900 Millionen USD.

Die Wissenschaftler versuchen jetzt herauszubekommen, wie sich diese Reicherz-Lagerstätte mit dem exotischen und verführerischen Metallspektrum von Gold-Palladium-Platin gebildet haben könnte, um ähnliche Vorkommen zu entdecken, die in der Nachbarschaft vermutet werden. ■

Entweder Sie denken an alles.



Oder Sie überlassen alles uns.

EXPECT MORE

Dorint

HOTEL IM HARZ
GOSLAR · HAHNENKLEE

Ob Tagungen, Konferenzen, Feiern oder die Unterbringung Ihrer Gäste, kurzum: bei Arrangements aller Art sind Sie bei uns bestens aufgehoben. Das hoch motivierte Team bietet perfekten Service und kompetente Beratung. Erfolgreiche Veranstaltungen sind planbar: www.dorint.com

Studentisches Leben in zwei Jahrhunderten und die Situation der Universität heute

Rede zur 134. Stiftungsfestkneipe des Corps Montania am 31. Mai 2002

Jochen Brinkmann M.A.

Hohes Präsidium, meine Herren,

„Die Zeit verzehrt ihre eigenen Kinder viel geschwinder, als sie dieselben zur Welt geboren hat“, so erinnert Georg Philip Telemann in der munteren Eröffnungsarie seiner „Moralischen Kantaten“ die Zuhörer an die Flüchtigkeit menschlicher Einrichtungen. Und weil dem so ist, ist die Tatsache, dass Sie heute das 134. Stiftungsfest des Corps Montania feiern können, ein besonderes Ereignis. Vier Staatsordnungen sind in dieser Zeit untergegangen: Preußen, das Kaiserreich, die Weimarer Republik, die Nazi-Diktatur. In zwei Weltkriegen wurde die Jugend Europas in den Tod geschickt. Vier Inflationen vernichteten Vermögenswerte. Heute entstehen die Vereinigten Staaten von Europa.

Was bewegte die Studenten in den vergangenen 200 Jahren, und in welches hochschulpolitische Umfeld sind sie heute gestellt? Wie könnte studentisches Gemeinschaftsleben in Zukunft aussehen? Zur Beantwortung dieser Fragen will mein Vortrag eine Skizze sein.

In der Konstitution des ältesten Corps, des Corps „Onoldia“ aus dem Jahre 1798 heißt es zu den Zielen: „eine Verbindung von Freunden, die außer dem allgemeinen Zweck des geselligen Vergnügens den hat, während der akademischen Verhältnisse auf Bildung und Vervollkommen einzuwirken, die durch den gegenseitigen Einfluss der Gesellschaftsmitglieder bewirkt werden kann.“¹

Zu dieser Zeit erobert Napoleon in Frankreich die Macht. Er wird für mehr als ein Jahrzehnt die europäischen Staaten mit Krieg überziehen. Anfänglich wird er von vielen als Träger des Fortschritts begrüßt. Der Tod vieler zwangsrekrutierter Landeskinder in den sinnlosen Kriegen der französischen Armee läßt die Stimmung umschlagen. Aber erst im Februar 1813, als die geschlagene Armee Napoleons aus Rußland zurückkehrt, gibt Preußen seine Neutralität auf. Viele Bürger melden sich freiwillig zur Landwehr, und auch Studenten stürmen an die Waffen in den Jägercorps. Die militärischen Erfolge beflügeln die nationalen Phantasien der Deutschen.

Nach der Niederschlagung Napoleons sehen die Monarchen Preußens und Österreichs die Mission der Volkserhebung als beendet an. Die politisch entfachte Jugend will aber mehr; die deutsche Einigung in Freiheit. Viele Studenten schließen sich in Burschenschaften zusammen, die bald verboten werden. Unter ihnen gibt es viele, die mit einem bürgerlichen Leben nicht zurechtkamen und deshalb in den politischen Aktivismus auswichen, wie z. B. der Mörder August Kotzebues, der verwirrte Theologiestudent Carl Ludwig Sand, aber auch kluge, hochbegabte junge Männer, wie der Medizinstudent Georg Büchner, der in seiner Flugschrift „Dem hessischen Landboten“ schreibt: „Friede den Hütten! Krieg den Palästen! – Die Justiz ist in Deutschland seit Jahrhunderten die Hure der deutschen Fürsten. – Ihr seid wie die Heiden, die das Krokodil anbeten, von dem sie zerrissen werden. – Das ganze deutsche Volk muß sich die Freiheit erringen.“²

Neben diesen politischen Studenten, die in jugendlichem Übermut natürlich auch Rauf- und Saufbolde sind, Duelle austragen und, als gemäßigte ungefährliche Variante, Mensuren fechten, entstehen gleichfalls als politisch sich gebärdende Jugendverbände, die Turner. Turnvater Jahn wollte seine Jünglinge in Keuschheit und nationaler Begeisterung Gymnastik treiben lassen. Dem Nikotin und Alkohol war er abhold. Allerdings meinte er auch, ein Mann, der am Nachmittag Geschlechtsverkehr habe, sollte kastriert werden. Das Verbrennen verachteter Bücher auf einem Scheiterhaufen gehörte ebenfalls zu seinem Glaubensschatz.

Die politische Aktivität von Studenten, der konservativen wie der revolutionären, sollte nicht überschätzt werden. Auf Ihrem Haus hängt ein großes Portrait Otto von Bismarcks, offenbar hatte er für die ersten Studentengenerationen Ihres Corps als überragender Staatsmann der zweiten Hälfte des 19. Jahrhunderts Vorbildcharakter. Bismarck war aber ein durchschnittlicher Student. „Als er sich 1832 im aristokratischen Göttingen als Jurastudent einschrieb, geriet er zunächst in Beziehung zur Göttinger Burschenschaft, doch schreckte ihn der Mangel

an äußerer Erziehung und die „Extravaganz ihrer politischen Auffassungen“ ab. Corpsstudent wurde Bismarck durch eine Albernheit. Das Universitätsgericht hatte ihn vorgeladen, und er begab sich im Schlafrock mit steifer Mütze, „von einem mächtigen weißgelben Hunde gefolgt“ zum Termin. Der Aufzug erheiterte Korporationsstudenten, die er daraufhin zum Duell forderte. So geriet er in das Corps Hanovera, um sich nach Zunftbrauch schlagen zu können. In drei Semestern schlug er 25 Mensuren, wobei ihn nur „ein Blutiger“ traf, über den er im Januar 1833 schrieb: „Man hat mir einen ganz Kleinen angemogelt, just die Nasenspitze gespalten....“ Politisch handelte Bismarck nur einmal, als er sechs Studenten gleichzeitig forderte, weil sie über den König und die Preußen abfällig geredet hatten.“ – Im übrigen betätigte sich Bismarck wie die meisten Studenten. Betrunkene Kommilitonen malte er mit geschwärzten Pfröpfen Mohrengesichter, auf der Straße qualmte er trotz Verbots aus langer Pfeife, „wegen Auswerfens einer bouteille auf der Straße“, mußte er einen Strafgulden zahlen, und einen Verweis bekam er, weil er den ängstlichen Mensurgegner eines Freundes überfiel und im Bett hart erschreckte. Des Junkers harte Natur bewährte sich auch darin, daß er nach durchzechter Nacht in der kalten Leine badete. Über Karl Marx und Heinrich Heine ließe sich ähnliches berichten.“³

Bis 1850 geben die Burschenschaften den Ton an, nach 1850 sind es die waffentragenden Corps. Sie pflegten ein Verbindungsleben in alten Formen und hielten sich aus der Politik heraus. Die demokratisch-nationale Gesinnung war bei vielen Studenten Gestus und Bierrede geblieben, den politisch aktiven hatte sie Flucht aus Deutschland, Festungshaft oder die Todesstrafe eingebracht. Die Studentenschaft nach 1850 erlebte, dass die politische Einigung Deutschlands und soziale Modernisierung nicht von unten, sondern von oben, durch einen unbedingten Anhänger des preußischen Königs, den preußischen Ministerpräsidenten Otto von Bismarck vollzogen wurde. Die geistige Einstellung der Studentenschaft wandelte sich sozusagen von „Der Gott, der Eisen wachsen ließ, der ▶

wollte keine Knechte“, hin zur Bewunderung: „Der Gott, der Bismarck werden ließ“ Nun, was aus dem Bismarckreich werden würde, das war offen.

1868 begegneten sich Bismarck und der 48er Revolutionsstudent Carl Schurz, der in den USA zu einem engen Vertrauten Abraham Lincolns geworden war und sich für die Rechte der Schwarzen und gerechte Regierungen einsetzte. Bismarck erkundigte sich jovial bei Schurz: „Nun sagen Sie mir mal, als amerikanischer Republikaner und als revolutionärer Achtundvierziger, welchen Eindruck macht Ihnen die gegenwärtige Lage in Deutschland?“ Schurz antwortete offen, er habe die Empfindung, „daß allgemein ein neuer nationaler Ehrgeiz sich betätigte, und daß Vertrauen und Hoffnung auf die Entwicklung von freien politischen Institutionen gleichsam in der Luft lägen. Wenn schon der Demokrat Schurz meinte, die deutsche Sache sei bei dem Manne in preußischer Generalsuniform am besten aufgehoben: warum sollten die Studenten anderer Meinung sein?“⁴

Um die Jahrhundertwende entstand in einer kurzen Blüte eine neue bürgerliche Jugendbewegung, angestoßen von Studenten und mit Ausläufern an den Universitäten, der „Wandervogel“. Margarete Buber-Neumann schilderte ihre Begegnung mit dem „Wandervogel“:

„Zu Beginn wurde ich wohl nur von der Naturschwärmerei angezogen und von der Lust des jungen Menschen am gemeinsamen Erlebnis, bald spürte ich jedoch ..., daß es um Entscheidenderes ging als nur um Wandern und Lagerfeuerromantik. Soweit diese Verbände überhaupt ein klares Programm besaßen, war einer ihrer wesentlichen Punkte der Kampf gegen die erstarrten Formen der bürgerlichen Gesellschaft und gegen das Diktat der Erwachsenen in Schule und Elternhaus...“

Man versuchte vor allem, sich in Gebaren, Sprache und Aussehen von allen anderen Menschen zu unterscheiden. Selbstverständlich duzte man sich... und ließ nach Möglichkeit alle bürgerlichen Höflichkeitsformen beiseite. Man zog laut singend durch die Straßen, tanzte auf den Plätzen und übernachtete im Walde oder in Scheunen... Moderne Tänze und Schlager waren streng verpönt (auch Alkohol und Nikotin).“⁵

An den Universitäten entstehen akademische Freischaren. Kneipen und Paukböden waren nicht ihre Welt. Sie trieben Sport, wanderten und diskutierten.

Der Rückgriff auf alte Weltbilder läßt 1914 viele freudig zu den Waffen eilen. Aus dem Krieg kehrt eine zutiefst ernüchterte Generation zurück. Viele von ihnen verfallen später, wie große Teile des bürgerlichen Mittelstandes der „Dolchstoßlegende“, die da lautet: „Nur ein von Sozialisten und Juden verratenes Volk konnte so eine demütigende Niederlage erleiden.“ Einige

wenige der Heimkehrer werden zu Pazifisten, viele anfänglich zu Befürwortern der jungen Weimarer Republik, die sie als Angehörige der Freicorps gegen Kommunisten, polnische Insurgenten (Aufständische) im Osten und franzosenfreundliche Separatisten im Westen verteidigten. Bitterarm wollen sie vor allem eins: schnell studieren und beruflich tätig werden.

Mitte der 20er Jahre strömte an die Universitäten eine Generation, die den Krieg nicht selbst erlebt, sondern als Pennäler sich an den Kriegsnachrichten berauscht hatte und nun den trügerischen Taumel des wirtschaftlichen Wohlstandes genoss. Dabei beruhte dieser Wohlstand oft nicht auf ehrlicher Arbeit, sondern nach der Inflation von 1923/24 auf Betrugereien. Alles schien möglich, nichts war verbindlich. Sport und soldatische-nationale Traditionen allein wurden verherrlicht. „Noch meinte niemand Hitler, aber er konnte sich später in vage Träume von Führer und Reich einschieben und war da, auch wenn er nicht gewollt wurde.“⁶

1925 wird der Nationalsozialistische Deutsche Studentenbund gegründet. Als mit der Weltwirtschaftskrise für viele Studenten die berufliche Perspektive düsterer wird, gewinnen die Nazis an Boden. Bei den Studentenschaftswahlen 1929/30 feiern sie in Erlangen mit Stimmenanteilen von 51% und Greifswald 53% ihre größten Erfolge.⁷ An der Bergakademie Clausthal findet sich im ASTA bis ins Wintersemester 1932/33 kein einziger Vertreter der Nazis. Der ASTA wird ausschließlich von Korporierten, in erster Linie Montanen, Germanen und Borussen gestellt.⁸

Wie große Teile des Bürgertums insgesamt, machten auch manche Korporationen den Fehler, mit dem Nationalsozialismus zusammen zu arbeiten, um die Not zu überwinden. Antisemitismus, autoritäre, aus dem Kaiserreich stammende Orientierungen und die Ablehnung des Versailler Vertrages schienen Gemeinsamkeiten zwischen Konservativen und Nazis zu begründen. Dem Handeln vieler Verbindungsstudenten lag ein „fehlgeleiteter Idealismus“ zugrunde. Sie wollten „mit ihren besten Kräften aus dem Turm eines akademischen Kastenwesens heraus und dem Volke außerhalb der bürgerlichen Kreise näherkommen“, urteilt der Historiker Friedrich Meinecke.⁹

„Dieser Geist war es denn auch, der zahlreiche Verbindungsstudenten v.a. der Corps und der katholischen Korporationen in den Widerstand gegen den Nationalsozialismus führte. Sie konnten das Versagen der zwanziger Jahre damit nicht rückgängig machen, wohl aber ein Zeichen dafür setzen, daß Rassenwahn und Völkermord eben nicht Endpunkt und Ziel des deutschen Verbindungsstudententums waren.“¹⁰

Nach dem Kriege kümmerten sich die Altherrenschaften rege um den Wiederaufbau. In vielen Universitätsstädten entfaltete sich ein lebhaftes Verbindungsleben. Aus den Trümmern heraus wollten sie an das anknüpfen, was vor dem Dritten Reich untergegangen war.

Die Studentenrebellion der 60er Jahre war wie eine Wasserscheide. Der Protest nahm in Deutschland seinen Ausgang an der FU Berlin. In der Frontstadt des Kalten Krieges stieß eine kritische Sicht der westlichen Welt durch die Studenten auf schroffe Ablehnung von Seiten derjenigen, die fürchteten, die antikommunistische Front würde unterlaufen. Überspitzt formuliert: Wer moralisch sensibel die Sinnhaftigkeit der Greuel des Vietnam-Krieges, offiziell gerechtfertigt zur Verteidigung der Freiheit, in Zweifel zog, wurde abgebugelt mit dem Vorwurf: „Geh doch nach drüben!“ Die klassischen studentischen Gemeinschaftsbünde der Korporationen schlossen sich dem Protest nicht an und verloren dadurch bei der breiten Masse der Studenten an Glaubwürdigkeit. Der zweite, wesentliche Ursachenstrang scheint mir emotionaler Art zu sein: Rockmusik, Drogenkonsum, „Bewußtseins-erweiterung“ durch fernöstliche Religionen. Zu den fortwährenden Folgen der Studentenrevolte gehören die Individualisierung, der Ansehensverlust formaler Hierarchien, die veränderte Moral zu Sex und Liebe, die veränderte Rolle der Frau, der Einfluss der Grünen in der Politik. Früher traten in erster Linie Kinder des vermögenden Besitz- und Bildungsbürgertums einem Corps bei. Der Anteil der Korporationen an den Gesamtstudentenschaft betrug im Jahr 1960 noch rund 20%, heute sind es bundesweit etwa drei Prozent, in Clausthal noch etwa sechs Prozent.¹¹ Vor vierzig Jahren studierten 3% eines Jahrgangs, heute nehmen fast 30% eines Jahrgangs ein Studium auf und 16% beenden es erfolgreich. Fast 70% aller, die studieren, wählen eine Universität ihres Bundeslandes. Fast 80% der Studenten wohnt nicht mehr bei den Eltern, aber dennoch möchten sie gerne am liebsten in ihrem Heimatort studieren, sofern dies möglich ist.¹² Das hat Rückwirkungen auf die Mentalität der Studentenschaft. Das gesellschaftliche Alternativmodell, der Kommunismus, hat gründlich versagt und kann den Idealismus der Jugend nicht mehr verführen. Gesellschaftliches Leitbild aller Parteien des demokratischen Spektrums, bei Jungen und Alten, ist die soziale Marktwirtschaft. Die Jugend wird auch in Zukunft – hoffentlich! – kritische Fragen stellen. Sie ist noch nicht in tausend Kompromisse verstrickt. Für einen wesentlichen Kern ihres Wertekanons, das Gespräch und der Austausch zwischen Jungen und Alten sehr ich gute Chancen.

Wo stehen wir heute?

Der schroffe Gegensatz zwischen manchen Angehörigen der älteren Generation, die ►

schuldhaft in die Verbrechen des Dritten Reichs verstrickt waren, oder schmerzliche Erinnerungen hinter sich lassen wollten, und einer Jugend, die genau diese Vergangenheit hervorkehren und die Erwachsenen mit ihr konfrontieren wollten, dieser scharfe Konflikt der 60er Jahre ist Vergangenheit. Für die Väter der heutigen Studentengeneration ist der 2. Weltkrieg Vorgeschichte des eigenen Lebens.

In welchem politischen Umfeld bewegt sich die Universität heute?

Die Kosten der Wiedervereinigung und die geringere Auslastung der Hochschulen durch kleinere Jahrgänge führte zu einer Änderung der Politik des Staates gegenüber den Hochschulen. Dabei gibt es einige Leitprinzipien:

1. Es wird den Universitäten weniger Geld zur Verfügung gestellt und dieses soll möglichst effizient eingesetzt werden. Leistungsstarke Universitäten sollen belohnt, die leistungsschwachen bestraft und zur Leistung motiviert werden. Damit ein solches Konzept aufgeht, braucht man Kenngrößen, um die Universitäten untereinander vergleichen zu können. Diese Kenngrößen ergeben sich aus der Beantwortung der folgenden Fragen: Wie viele Erstsemester hat eine Hochschule? Wie viele verlassen nach welcher Zeit die Universität mit dem Diplom, wie viele Promotionen und Habilitationen entstehen an ihr? Wie viele Forschungsgelder wirbt die Universität ein?

2. Es sollen Anreize zur Leistung geschaffen werden. Dazu wurde im Februar 2002 ein neues *Dienstrecht* der Professoren¹³ im Bundestag verabschiedet. Es bedarf noch der Zustimmung der Länder. Die Intention des Gesetzgebers ist: Anhand von Leistungsindikatoren (Was hat er/sie in der Forschung/der Lehre, der Selbstverwaltung gebracht?) sollen zukünftig, bewilligt vom Dekan und Präsidenten, Zuschläge auf das Grundgehalt gezahlt werden.¹⁴

3. Die Effizienz der Universitäten kann aus politischer Sicht erhöht werden, wenn die Durchlaufzeiten für das Veredelungsprodukt Absolvent verkürzt werden. Mehr Fachhochschulen und *Studiengebühren* für Langzeitstudenten sind das politische Rezept.

4. Der Staat möchte die Industrie nach amerikanischem Vorbild an den Kosten der Universitäten beteiligen. Daher wird in Niedersachsen den staatlichen Hochschulen angeboten, sich in sog. *Stiftungsuniversitäten* umwandeln zu lassen. Solche Universitäten neuen Typs könnten sich dann über Zuwendungen des Staates, Schenkungen aus der Industrie und sonstige Zusammenarbeit mit der freien Wirtschaft finanzieren.

5. Die Universitäten sollen straffer geführt werden, schneller zu Entscheidungen finden und (nützliche Dinge erforschen) praxisorientierte Forschung betreiben. Daher sollen die Profes-

ren nicht mehr in demokratischer Willensbildung über die Wünsche der Hochschulentwicklung befinden, sondern ein Präsident, der einem Hochschulrat rechenschaftspflichtig ist, gibt die Richtung vor. Der Hochschulrat soll die Universität überwachen.

Kurz gesagt, das leitende Prinzip der Hochschulreform der letzten zehn Jahre ist, mit weniger Geld mehr aus den Hochschulen „herauskitzeln“ und sie stärker an die Erfordernisse der Gesellschaft und Wirtschaft anbinden. Dies ist der eine zentrale Aspekt der Hochschulreform, der zweite ist die Internationalisierung:

- Wenn die Universitäten unterausgelastet sind mit Landeskinderen, die Industrie aber Naturwissenschaftler und Ingenieure braucht, sowie eine gut verdienende Jugend benötigt wird, um das Rentensystem zu sichern, dann liegt es nahe, das, was man im Inland nicht bekommt, im Ausland anzuwerben: Seit zwei Jahren beschicken deutsche Hochschulen Bildungsmessen in Fernost und im europäischem Ausland. Master- und Bachelorstudiengänge werden eingeführt, hier und da wird mit Studiengebühren für spezielle Graduiertenkollegs, die sich an Ausländer richten, geliebäugelt. Das erklärte Ziel der Politik ist es, die Zahl ausländischer Studierender im nächsten Jahrzehnt zu verdoppeln. Ein Einwanderungsgesetz steht flankierend zur Seite.

Wie kann unter diesen Randbedingungen ein Netzwerk Universität-Absolventen-Industrie und zeitgemäße studentische Kultur beschaffen sein?

Der Gründungsursprung des Corps Montania, die Verbundenheit deutscher mit südamerikanischen Studenten, könnte die Wurzel ihres zukünftigen Erfolgs sein: Wir Montanen bauen international ein Netzwerk auf. Die Unternehmen, in denen wir arbeiten, schicken im Eigeninteresse die besten ausländischen Nachwuchsmitarbeiter zum Studium nach Clausthal, vielleicht in neue Kurse, die mit der Universität zu kooperieren sind, diese wohnen bei uns auf dem Haus mit ihren deutschen Corpsbrüdern und verwirklichen eine Gemeinschaft über Sprachen und Kulturen hinweg. Der Gemeinschaftsgeist wird über sportliche Exkursionen, Segeltörns auf der Ostsee, vielleicht á la Rotaract über gemeinsame Hilfsaktionen hergestellt. Wer ein Montane ist, der verläßt die Universität mit einem weiten Blick, und er hat bereits auf dem Corpshaus Freundschaften mit Kommilitonen aus vielen Ländern geschlossen. Das ist ein Wert in sich, eventuell ein Sprungbrett für internationale Karrieren.

Das wäre eine sehr anspruchsvolle Aufgabe, denn Völkerverständigung bleibt ein schwieriges Unterfangen. Je höher der Bildungsstand ist, desto leichter fällt es Menschen Toleranz und

Entgegenkommen zu üben. Ingenieure und Naturwissenschaftler könnten erste Brückenköpfe sein. Ob sie aus Indien, Afrika oder Europa kommen, die Technik funktioniert überall nach den gleichen Gesetzen. Die Unterschiede der Lebensstile könnten eine Bereicherung sein.

Zum Schluß möchte ich Ihnen ein Angebot unterbreiten: Sie wollen Eliten fördern. Wir könnten beim Landeswettbewerb Jugend forscht einen Preis „Corps Montania-TU Clausthal“ für ein mehrwöchiges Forschungspraktikum ausloben. Der Senior der Aktivitas und vielleicht ein Vertreter der Altherrenschaft sucht eine Gruppe aus, von der Sie das Gefühl haben, die haben Geist, die könnten zu uns und Clausthal passen. Die TU Clausthal bringt in diese Forschungspreis-Ehe 300 € ein zur Verpflegung, und Sie bringen die Gruppe kostenlos auf ihrem Haus unter. Ich kümmere mich um ein Institut, das die Gruppe mit einem Programm tagsüber betreut. Sie integrieren die Jungs, vielleicht ist auch mal ein Mädchen dabei, in ihr Verbindungsleben.

Ich trage diesen Vorschlag heute zum ersten Mal vor. Bei aller Liebe zum Corps Montania, diese Idee soll nicht exklusiv bleiben, es sind heute auch viele Vertreter anderer Clausthaler Korporationen anwesend. Wer immer diese Idee aufgreifen möchte, möge bitte zu mir kommen, und ich werde Wege zur Finanzierung suchen. So kann ich den Verbindungen meinen Dank abtatten für die vielen kostenlosen Übernachtungen von Schülern auf ihren Häusern.

Je lebendiger ihr Verbindungsleben ist, desto attraktiver ist Clausthal als Hochschulort. Die Universität soll die Ingenieur- und Naturwissenschaften auf hohem Niveau voranbringen. Die Korporationen können zu einem Gemeinschaftsleben beitragen, das die Persönlichkeitsbildung des Einzelnen stärkt. Wenn es uns gelingt, dies in allen Wandlungen zu bewahren, dann erhalten wir den Clausthaler Geist. Das wünsche ich uns allen mit einem herzlichen Glückauf!

Verwandte Literatur:

- „Der Burschen Herrlichkeit“ Geschichte und Gegenwart des studentischen Korporationswesens, Historia academica Band 36, 1997, Schriftenreihe der Studentengeschichtlichen Vereinigung des Coburger Convents
- Müller, Georg: „Vom Stahlhelm zum Hakenkreuz“ Menschen und Ereignisse an der Bergakademie Clausthaler aus den zwanziger bis vierziger Jahren, Clausthal-Zellerfeld 1995 ▶

- Möller, Silke:
„Zwischen Wissenschaft und ‚Burschenherrlichkeit‘“
Studentische Sozialisation im Kaiserreich
1871-1914, Stuttgart 2001
- Klose, Werner:
„800 Jahre Studentenleben“, 1967
- Horst Widmann
„Der jugendbewegte Pestalozzi – Portrait
einer Jugendbewegung im Zürich des 18. Jahr-
hunderts oder: Gibt es konstante Elemente in
Jugendbewegungen?“
in: Pestalozzi im internationalen Gespräch:
Beiträge zu Leben, Werk und Wirkung, Pesta-
lozzianum, Zürich, 1990, S. 42-59
- Universität in der Karikatur, Böse Bilder aus
der kuriosen Geschichte der Hochschulen,
Hrsg. und Kommentiert von Michael Klant,
Hannover 1984
- Die entscheidenden Gesetzesnovellen und
Entwürfe zur Hochschulreform sind jeweils
auf den Servern der Ministerien zu finden:
<http://www.bmbf.de> und <http://www.nieder-sachsen.de/MWK1.htm>

schaft, Forschung und Kunst des Freistaates Thüringen. Die Zahlen stammen aus dem schriftlich vorab verbreiteten Redetext. Es gilt das gesprochene Wort. So kann ich nicht sagen, ob sie es so gesagt hat, weil ich nicht dabei war, aber die Fakten werden stimmen.

¹³ Der wissenschaftliche Qualifizierungs- und berufliche Weg, Diplom/Promotion/Postdoc/Habilitation, danach Berufung auf eine Professur, oder Forscher auf Drittmittelstellen, oder arbeitslos, soll aufgrund des hohen Risikos, partiell nach angelsächsischem Vorbild, geändert werden. Nach der Promotion muss ein Wechsel erfolgen, dann Berufung auf eine Juniorprofessur, von dort an: Laufbahn-Professur nach sechs Jahren oder Beendigung des Dienstverhältnisses nach drei Jahren. Die Generation der jetzt 40-50jährigen, die habilitiert sind, aber keine Professur fanden,

und bislang auf Drittmittel-Forscherstellen arbeiten konnten, müssen die Hochschulen verlassen, denn nach zwölf, in der Medizin Jahren „Qualifizierung“ muss der Sprung auf die Lebenszeit-Professur geschafft sein. Eine Anschlussbeschäftigung wird per Gesetz verboten, versehen mit einer Übergangsfrist für laufende Forschungsvorhaben.

¹⁴ Die Professoren sind keine unabhängigen Erfinder mehr, die ihre Erfindungen selbst vermarkten dürfen (und, falls sie es denn wollen, auch selbst müssen), sondern sie sind wie jeder Arbeitnehmer in einer Firma auch, Dienstleister. Das Land meldet die Erfindung über eine zentrale Verwertungsagentur beim Patentamt an und sucht Lizenznehmer. Bei Ertrag erhält der Professor ein Drittel.

Fußnoten:

- ¹ Silke Möller, S. 138
² Werner Klose, S. 157
³ Klose, 162
⁴ Klose, 170
⁵ Buber-Neumann, S. 23f., Köln-Löwenich 1981, zitiert nach Horst Widmann, „Der Jugendbewegte Pestalozzi – Portrait einer Jugendbewegung im Zürich des 18. Jahrhunderts oder: Gibt es konstante Elemente in Jugendbewegungen?“ S. 52, in: Pestalozzi im internationalen Gespräch: Beiträge zu Leben, Werk und Wirkung, Pestalozzianum, Zürich, 1990
⁶ Klose, 219
⁷ Klose, 223
⁸ Müller, S. 16 f.
⁹ zitiert nach „Der Burschen Herrlichkeit“, Geschichte und Gegenwart des studentischen Korporationswesens, Schriftenreihe des Coburger Convents, 1997, S. 106
¹⁰ Der Burschen Herrlichkeit, S. 106/107. Einige Namen: Ulrich von Hassell, Fritz-Dietloff Graf von der Schulenburg, Adam von Trott zu Solz, Graf Yorck von Wartenburg, Kurt Gerstein (alle KSCV), u.v. m. aus dem Kreis des Widerstandes des 20. Juli.
¹¹ Eigene Abschätzung aufgrund der Nennung der Aktivitas auf den Internetseiten der Clausthaler Korporationen. Bei dreien fehlen Angaben, hier wurden Mittelwerte der übrigen Verbindungen eingesetzt, macht als Obergrenze summa summarum rd. 170 bei 2.800 Studenten.
¹² Hochschulrektorenkonferenz, Jahresversammlung 2.-3. Mai 2002, Grußwort Frau Prof. Dr.-Ing. Dagamar Schipanski, Präsidentin der Kultusministerkonferenz, Ministerin für Wissen-

Die Universität feierte!

Berg- und Hochschulfest am 8. September im Innenhof des Hauptgebäudes



Die Freiburger Bergstadtkönigin, Frau Alexandra Hänig, ging gemeinsam mit Dipl.-Ing. Gerhard Wiegel (links), Kanzler Dr. Peter Kickartz und Heiner Müller (rechts) an der Spitze des Umzuges. Foto: Bettina Ebeling, Goslarische Zeitung.

Die Universität, die City-Gemeinschaft und der ASTA luden ein – und viele kamen zum 2. Berg- und Hochschulfest am 8. September in den Innenhof des Hauptgebäudes an der Adolph-Römer-Straße. Der sonnige Herbsttag startete mit einem bergmännisch geprägten Umzug, an dem als Ehrengäste die Freiburger Bergparade und die Freiburger Stadtkönigin, Frau Alexandra Hänig, teilnahmen. Am Nachmittag erwartete die Gäste im Innenhof ein vielfältiges Programm – von Folklore über Jazz, bis zu irischem Stepptanz, dargeboten vom Sportinstitut, und, als fin-

sternen Oberharzer Mordgestalten, Dr. Klaus Buschau mit seinem Scharfrichterkollegen, „Karl“ Ravens, vom Oberharzer Bergwerksmuseum.

Die Korporationen und einige der ausländischen Studentengemeinschaften waren mit eigenen Ständen vertreten. Das Publikum genoß den Tag. Die ersten Vorbereitungen für das Programm des kommenden Jahres laufen an. Vorschläge und Ideen bitte an: Dr. Peter Kickartz, Vizepräsident der TU Clausthal.

7 Jahre Sonderforschungsbereich Magnesiumtechnologie

TU Clausthal und Universität Hannover

Prof. Dr.-Ing. Harald Zenner, Sprecher des SFB 390



Omnibusanhänger aus Magnesium (1938)

Der Sonderforschungsbereich SFB 390 „Magnesiumtechnologie“ wurde Mitte 1995 an der TU Clausthal und der Universität Hannover eingerichtet und von der Deutschen Forschungsgemeinschaft DFG sieben Jahre lang gefördert.

Magnesium und seine Legierungen sind die metallischen Werkstoffe mit der niedrigsten Dichte, d.h. sie besitzen ein hohes Leichtbaupotenzial. So beträgt das spezifische Gewicht der Mg-Legierungen 67% von Al-Legierungen und 23% von Stahl. Aus funktionellen, ökonomischen und ökologischen Gründen besitzt der Leichtbau im Flugzeug-, Fahrzeug-, Maschinen- und Anlagenbau einen hohen Stellenwert. Seine Bedeutung wird in Zukunft noch zunehmen. Dies hat bei der gesamten Werkstoffentwicklung (z.B. Stahl, Al-Legierungen, Kunststoffe), bei der Entwicklung von spezifischen Bauweisen, von spezifischen Fertigungsprozessen sowie in der Bemessungsphilosophie in den vergangenen Jahren zu zahlreichen innovativen Lösungen geführt, die mehr und mehr in die praktische Anwendung umgesetzt werden.

Neben dem niedrigen spezifischen Gewicht zeichnet sich Mg durch seine gute Gießbarkeit und Verarbeitbarkeit aus. Heute sind mehr als 90% der Magnesiumbauteile gegossen, wobei verglichen mit anderen Werkstoffen eine sehr filigrane Gestaltung möglich ist, z.B. Armaturrenbrett und Getriebegehäuse von PKWs. Knetlegierungen mit höherer Festigkeit und Duktilität liegen in Form von Strangpressprofilen und Blechen vor. Die jährliche Zunahme von Mg, das in Bauteilen zur Anwendung kommt (und nicht etwa als Legierungselement für Aluminium

oder zur Stahleitschwefelung), liegt bei ca. 15%.

Trotz der vielen positiven Eigenschaften besitzt Mg auch Eigenschaften, die die Substitution anderer Werkstoffe erschweren oder auch verhindern. Genannt seien die geringe Duktilität, Warmfestigkeit und Kriechbeständigkeit sowie Korrosionsbeständigkeit. So ist der Einsatzbereich der heute häufig eingesetzten Legierung AZ91 bereits bei 120° C erreicht. Magnesium ist

aufgrund seiner hexagonalen Struktur nur schwer kaltumformbar. Die oft genannte Entzündungsgefahr (z.B. bei spanender Fertigung) besitzt dagegen beim Einsatz von Bauteilen i.a. keine Bedeutung.

Gerade diese Einschränkungen haben einen großen Forschungsbedarf geweckt, und zwar bei der Legierungsentwicklung, beim Herstellungsprozess, bei der Bauteilfertigung, beim Korrosionsschutz, bei der konstruktiven und fertigungsgerechten Auslegung von Bauteilen sowie bei der Festigkeitsberechnung. Besondere Bedeutung kommt der Entwicklung von praxisgerechten Recyclingkonzepten zu. Interessant ist, dass bereits in den 30er und 40er Jahren des vergangenen Jahrhunderts eine starke Entwicklung auf dem Gebiet der Mg-Technologie eingesetzt hatte, die aus heutiger Sicht zu erstaunlichen Anwendungen im zivilen und militärischen Bereich geführt hatte (Mg-Legierungen firmierten unter dem Namen Elektron). Die Herstellung von Mg-Bauteilen hatte sich in den folgenden Jahrzehnten drastisch vermindert. Mit der Entwicklung reinerer (hp-high purity) und damit korrosionsbeständigerer Legierungen vor ca. 10 Jahren wurde ein neuer Schub ausgelöst. Man musste aber erkennen, dass vieles von dem auf dem Gebiet der Mg-Technologie erstmals vorhandenen Wissen verloren gegangen war.

Der SFB 390 war also zu einer Zeit entstanden, wo sich in den Grundlagen und in der Anwendung ein hoher Forschungsbedarf ergeben hatte bzw. abzeichnete. Die Resonanz auf industrieller Seite war deshalb von Anfang an groß. Hinzu kommt, dass die Herstellung von

Mg-Bauteilen vor allem in der mittelständischen Industrie erfolgt, bei der eigenständige Forschungsmöglichkeiten i. a. eingeschränkt sind.

Der SFB 390 wurde in drei Schwerpunktbereiche strukturiert

- Metallurgie und Mikrostruktur
- Produktionstechnik für Bauteile
- Verbundsysteme

Die Forderungen nach verbesserten Werkstoffeigenschaften und höheren Qualitätsstandards führten zu folgenden Themenbereichen:

- Entwicklung sowohl verbesserter mehrkomponentiger Mg-Basis-Legierungen als auch Mg-Matrix-Verbundwerkstoffen mit hoher Gefügestabilität und Kriechfestigkeit und höherer Korrosionsbeständigkeit
- Entwicklung dichterduzierter Mg-Basis-Legierungen
- Untersuchung und Ausarbeitung neuer Verarbeitungsverfahren
- Erweiterung der Einsatzprofile, Verbesserung und Sicherstellen der Qualität sowie Erhöhung der Wirtschaftlichkeit durch die Herstellverfahren Gießen, Umformen, Fügen und Trennen
- Verbesserung der mechanischen Eigenschaften unter statischer und zyklischer Beanspruchung, werkstoff- und prozessgerechte Bemessung
- praxisgerechte Recyclingkonzepte für die entwickelten Legierungen

Die Forschungsergebnisse wurden turnusmäßig in den Arbeitsberichten niedergelegt. Zu betonen ist die enge Kooperation zwischen den beiden Universitäten und den beteiligten Instituten, die durch interne Arbeitskreise unterstützt wurde. Während der Gesamtlaufzeit waren folgende Institute beteiligt:

- | | |
|------|--|
| IFUM | Institut für Umformtechnik und Umformmaschinen
Universität Hannover |
| IFW | Institut für Fertigungstechnik und Spanende Werkzeugmaschinen
Universität Hannover |
| IMAB | Institut für Maschinelle Anlagentechnik und Betriebsfestigkeit
Technische Universität Clausthal |
| IMET | Institut für Metallurgie
Technische Universität Clausthal |
| IPC | Institut für Physikalische Chemie
Technische Universität Clausthal |
| ISAF | Institut für Schweißtechnik und |

Trennende Fertigungsverfahren
Technische Universität Clausthal

IW Institut für Werkstoffkunde
Universität Hannover

IWW Institut für Werkstoffkunde und
Werkstofftechnik
Technische Universität Clausthal

Die Sprecherfunktion lag bei der TU Clausthal:

Prof. Dr. B. L. Mordike 1995 - 1998

Prof. Dr. H. Zenner 1998 - 2002

Hervorzuheben ist eine enge Kooperation mit der Karls-Universität Prag (CZ). Der Schwerpunkt der Beteiligung am SFB lag in der Unterstützung bei der Erarbeitung physikalischer und metallphysikalischer Grundlagen über den Zusammenhang zwischen Mikrostruktur und Werkstoffeigenschaften. Die Koordination erfolgte durch das IWW und Prof. Dr. P. Lukac, Karls-Universität Prag.

Dem Informationsaustausch mit anderen Forschungsstellen und der Industrie hat der Sonderforschungsbereich stets große Bedeutung beigemessen. Die Wissenschaftler des SFB haben auf zahlreichen nationalen wie internationalen Veranstaltungen, Fachtagungen, Kolloquien und Seminaren die Ergebnisse der Arbeiten einem breiten Fachpublikum vorstellen können. Die umfangreiche Anzahl von Veröffentlichungen spricht für sich. Allein ab 2000 wurden in Clausthal und Hannover mehr als 25 Dissertationen auf dem Gebiet Mg-Technologie vorgelegt bzw. stehen unmittelbar vor dem Abschluss.

Die Zusammenarbeit mit der Industrie wurde dahingehend intensiviert, dass Anfang 2000 der Industriearbeitskreis Magnesiumtechnologie gegründet wurde, dem zahlreiche namhafte Unternehmen angehören (Halbzeug- und Bauteilhersteller, Fahrzeugindustrie). Mit dem Industrie-

kolloquium konnte ein Forum für diese Zusammenarbeit geschaffen werden. Die positive Resonanz auf die im Mai 2000 in Hannover und im Oktober 2001 in Clausthal veranstalteten Industriekolloquien haben das rege Interesse bestätigt.

Viele der im Sonderforschungsbereich gewonnenen Erkenntnisse sind darüber hinaus in das „Magnesium Taschenbuch“ (ISBN 3-8701-72649) eingeflossen, da eine nicht geringe Zahl von Mitautoren dieses technischen Standardwerkes Projektleiter im SFB 390 waren.

Trotz einer sehr positiven Begutachtung im Frühjahr 2001 war eine Weiterförderung durch die DFG nicht möglich. Ziel beider Universitäten ist es, die erworbene Kompetenz auf dem Gebiet der Mg-Technologie zu erhalten und weiter zu führen.

Algorithmenanalyse zur Verbesserung der Laufzeit von Computerprogrammen

Privatdozent Dr. habil. Thomas Prellberg hielt am 11. Juli einen eingeladenen Hauptvortrag auf der Konferenz FPSAC 2002 („Formal Power Series and Algebraic Combinatorics“) in Melbourne, Australien. Die Konferenz befasste sich allgemein mit Anwendungen von kombinatorischen Modellen in so verschiedenen Bereichen wie Physik und Informatik. Weitere Vortragende

waren David Wilson von Microsoft Research, Redmond, USA, und Alan Sokal, New York University, USA.

Obwohl von Hause aus Theoretischer Physiker, hat Dr. Prellberg über Arbeiten vorgetragen, die in der Informatik Anwendung finden, speziell in der Analyse von Algorithmen. Dies ist ein wich-

tiges Feld, da selbst eine geringfügige Verbesserung in der Laufzeit von Computerprogrammen bei weitverbreiteten Programmen zu enormen finanziellen Einsparungen für die betroffenen Unternehmen führen kann.

Mit Methoden aus der asymptotischen Kombinatorik kann man nun die Laufzeit rekursiver Programme untersuchen. Für ein spezielles Beispiel, formuliert bereits 1979 von Ikuo Takeuchi im Hinblick auf das Testen der Effizienz von Compilern, konnte Dr. Prellberg im Jahr 2001, aufbauend auf Arbeiten von Donald Knuth, erstmals das asymptotische Laufzeitverhalten solcher rekursiver Programme präzise bestimmen. Eine hierbei auftretende neuartige mathematische Konstante trägt den Namen Takeuchi-Prellberg-Konstante. ■

2. Altbergbaukolloquium

vom 7.-9. November an der TU Clausthal

Im Rahmen der Kolloquiumreihe „Altbergbau“ lädt das Institut für Geotechnik und Markscheidewesen der TU Clausthal zum 2. Altbergbaukolloquium vom 7. bis 9. November 2002 ein. Die Veranstaltungsreihe wird getragen zusammen mit den Instituten für Geotechnik sowie Markscheidewesen und Geodäsie der TU Bergakademie Freiberg und dem Arbeitskreis „Altbergbau – geotechnische Erkundung und Bewertung“ der Deutschen Gesellschaft für Geotechnik.

Mit dieser Veranstaltung wird an das 1. Altbergbaukolloquium in Freiberg angeknüpft, welches

im November des letzten Jahres mit großer Besucherresonanz stattgefunden hat. Zielgruppe für das Kolloquium sind Beschäftigte aus den Bereichen Geotechnik, Markscheidewesen, Bergbau, Geologie und Bauingenieurwesen in Behörden, bei Ingenieurbüros, sowie in Lehr- und Forschungseinrichtungen. Ihnen soll Gelegenheit gegeben werden, neue Ergebnisse, Erkenntnisse, Arbeitsmethoden sowie technische Lösungen auf dem Gebiet der Erkundung, Bewertung, Sicherung und Verwahrung von untertägigem Altbergbau und sonstigen ehemals bergmännisch aufgefahrenen Hohlräumen

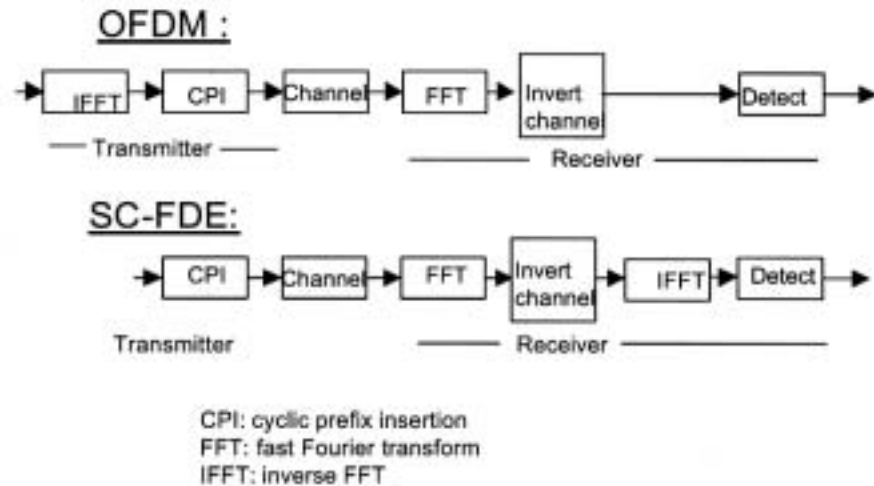
vorzustellen, Erfahrungen auszutauschen und Kontakte zu pflegen.

*Anmeldungen und weitere Informationen:
Institut für Geotechnik und Markscheidewesen
Dr.-Ing. Klaus Maas
Erzstraße 18
38678 Clausthal-Zellerfeld
Tel. 05323 723515
Fax. 05323-722479
eMail: klaus.maas@tu-clausthal.de
<http://www.igmc.tu-clausthal.de/Altbergbaukolloq/index.htm>*

Neues Entzerrungsverfahren verbessert schnelle Datenübertragung per Funk

Gestochen scharfe Bilder in Funk-Videoübertragungen, kein störender Echohall-Effekt mehr im Mobilfunk – die Technologie, die das möglich machen wird, könnte schon in wenigen Jahren von der Universität Linz und der TU Clausthal kommen! Eine Promotion zeigte die grundsätzliche Machbarkeit des Verfahrens auf; mit drei weiteren Doktoranden wird das Thema zur Zeit in Linz und Clausthal bearbeitet. Bei großen Datenraten benötigt die Methode nur rd. ein Prozent der Rechenleistung im Vergleich zum Konkurrenzverfahren.

Zum Ausgleich der Signalverzerrung bei Funkübertragungen werden equalizer / Entzerrer eingesetzt, deren Rechenleistung mit der übertragenen Datenrate, anwächst. Bei konventionellen Funk-Technologien wie z.B. GSM wächst die benötigte Rechenleistung quadratisch mit der übertragenen Datenrate an. Das bedeutet, bei einer Verdopplung der Datenrate benötigt der Entzerrer 4 Mal so viele Rechenschritte zur Beseitigung der Signalverzerrungen. Dr. techn. Leo Reindl vom Institut für Elektrische Informationstechnik der TU Clausthal und Professor Dr. Andreas Springer von der Universität Linz, Institut für Nachrichtentechnik / Informationstechnik, verfolgen nun einen Weg, bei dem die benötigte Rechenleistung nicht quadratisch sondern nur ca. $n \cdot \log(n)$ -Mal zur übertragenen Datenrate anwächst. Bei großen Datenraten kann damit die benötigte Rechenleistung um



Die Abbildung verdeutlicht die Ähnlichkeiten von OFDM (Orthogonal Frequency Division Multiplexing) und dem von den Clausthaler und Linzer Wissenschaftlern favorisierten Verfahren, SC/FDE (Single Carrier Frequency Domain Equalizer). Es sind die gleichen Methoden der Signalverarbeitung einzusetzen, der wesentliche Unterschied ist in der Verschiebung der IFFT vom Sender zum Empfänger zu sehen. Dieser auf den ersten Blick einfach erscheinende Systemeingriff hat allerdings wesentliche Auswirkungen auf die Wirkungsweise des Entzerrermechanismus und das gesamte Systemverhalten; das System wird wesentlich robuster, stabiler und einfacher.

99% gesenkt werden! Zur Reduktion dieser Rechenleistung wird bisher die sogenannte OFDM-Technologie bevorzugt, die jedoch noch deutliche Probleme in der Implementation aufweist.

„Simulationen und Berechnungen zeigen, dass die von uns favorisierte Technologie auch die

erforderliche Reduktion der Rechenleistungen bewirkt und dabei deutlich robuster und insgesamt einfacher zu implementieren ist als die OFDM-Technologie. Besonders geeignet ist sie für die übernächste Handy-Generation, für lokale Funknetze, oder auch für die Übertragung auf der letzten Meile“, sagt Dr. Reindl. ■

Kongress Mining 2002 – TU Clausthal, Partner der Rohstoffindustrie!

Am 10. und 11. Juni 2002 fand die „Mining 2002“, Clausthaler Kongress für Bergbau und Rohstoffe, an der Technischen Universität Clausthal statt. Die Erstveranstaltung stand unter dem Leitfaden „Technische Universität Clausthal – Partner der Rohstoffindustrie“. Mehr als 250 Gäste aus der Industrie nahmen an dem Kongress und der Begleitausstellung teil. Rund 35 internationale Aussteller haben ihre Produkte und Leistungen in der Aula und der angeschlossenen, speziell errichteten Halle präsentiert.

Organisator und Gastgeber war Professor Dr.-Ing. Hossein Tudeszki, Institut für Bergbau, Lehrstuhl für Tagebau und Internationaler Bergbau. Im Freigelände wurden Großgeräte ausgestellt, die extra mit Schwerlasttransportern aus dem Ausland nach Clausthal gebracht wurden.

„Die TU Clausthal sieht es als eine ihrer Aufgaben an, solche Dialogebenen im Sinne einer optimalen Rohstoffwirtschaft zu schaffen“, sagt Professor Tudeszki. „Für die Universität führen die Kontakte mit der Industrie zur Erhöhung der Qualität der Lehre und ermöglichen die Bildung von Forschungsschwerpunkten zur Lösung von aktuellen Problemstellungen.“

Die positive Resonanz und Akzeptanz der „Mining 2002“ haben den Gastgeber ermutigt diese Veranstaltung als eine jährliche Plattform anzubieten.

Die ersten Überlegungen zur Organisation der „Mining 2003“ werden angestellt. Im nächsten Sommer, so hofft Prof. Tudeszki, wird die TU Clausthal als Partner der europäischen Rohstoffindustrie die Gastgeberrolle übernehmen.



Prof. Dr.-Ing. Hossein Tudeszki (zweiter von links)
mit Gästen der Tagung.

Lebensspuren im Gestein

Am 14. und 15. Juni trafen sich im Institut für Geologie und Paläontologie der TU Clausthal die Mitglieder der Arbeitsgemeinschaft für organische Petrologie. Sie arbeiten als Wissenschaftler in Forschungsinstituten und Industrieunternehmen im In- und Ausland.

„Unser Interesse gilt denjenigen Bestandteilen in jungen und Millionen Jahre alten Gesteinen, die ursprünglich aus lebender Materie entstanden sind. Ihre fossil erhaltenen Lebensspuren lassen sich mit modernen Techniken nachweisen und auswerten“, erklärte der Gastgeber der Tagung

Dr. Hans Martin Schulz vom Institut für Geologie und Paläontologie der TU Clausthal.

Derartige Untersuchungen liefern Aussagen für unterschiedliche Anwendungsbereiche, so zum Beispiel über das Erdölbildungspotential von Gesteinen. Organische Komponenten in Gesteinen liefern auch Informationen für archäologische Fragestellungen sowie Daten über das Klima der Vorzeit.

Ein wesentlicher Schwerpunkt des diesjährigen Treffens war u. a. das Verhalten verschmutzter Grundwässer in Gesteinen, die organische Substanzen enthalten. Kontrovers wurde disku-

tiert, welche Auswirkungen z.B. Kohleteilchen in Grundwasserleitern auf den Verschmutzungsgrad von Grundwässern ausüben, d.h. welche Schadstoffe bevorzugt dem Grundwasser entzogen werden können. Ferner wurden umweltrelevante Aspekte des sogenannten Kupferschiefers im Mansfelder Revier erörtert.

Am zweiten Tag führte eine Exkursion die Tagungsteilnehmer durch das westliche Harzvorland. Schwerpunkte der Exkursion waren neben den Oberharzer Mooren praktisch-geologische Aspekte und wissenschaftliche Phänomene der Gesteine, die entlang des westlichen Harzrandes zutage treten (u.a. die bekannten weißen Gipsgesteine).

Deutsch-türkische Grundlagenforschung für neue Medikamente gegen Angsterkrankungen

Frau Doz. Dr. Nüket Öcal zu Gast im Institut für Organische Chemie

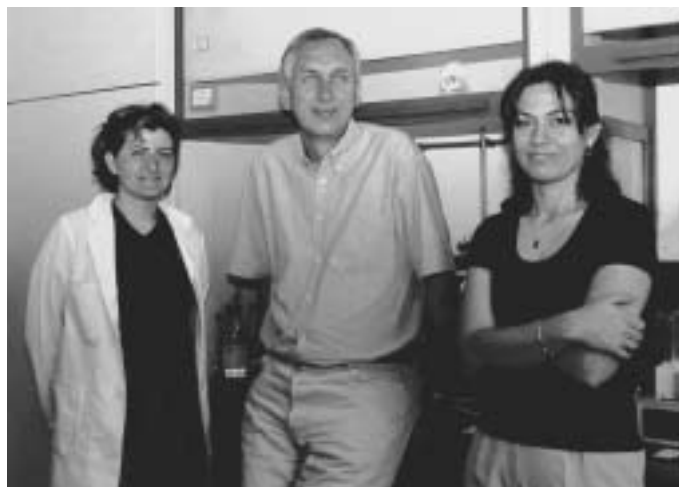
Für drei Monate war nun Frau Dozentin Dr. Nüket Öcal von der Technischen Yildiz Universität aus Istanbul im Institut für Organische Chemie in der Arbeitsgruppe von Prof. Dr. Dieter Kaufmann zu Gast. Mit hoher Intensität, bis in die Abende hinein und auch am Wochenende nutzte sie gemeinsam mit ihrer Doktorandin Cigdem Yolacan die apparativen Möglichkeiten im Clausthaler Institut für ihre Forschungen. Ihr Arbeitsgebiet, das sich mit der Themenstellung der Clausthaler Arbeitsgruppe überschneidet, ist u.a. die Herstellung von künstlichen Varianten des Botenstoffs GABA (Gamma-Amino-Buttersäure). „GABA vermindert die Nervenaktivität im Gehirn und macht die Nervenzellen weniger leicht erregbar. Gibt man einem Patienten einen GABA-ähnlichen Wirkstoff, so beruhigt sich gewissermaßen sein Gehirn. Valium ist ein solches Medikament. Es dämpft Angstzustände, macht aber zugleich schläfrig und vergesslich. Gesucht werden daher Bauarten des Moleküls, mit dem die gewünschte, angstdämpfende Wirkung erzielt und die Nebenwirkung vermieden wird. Wir stellen daher viele künstliche Varianten des GABA-Moleküls her, und zwar solche, die wie Bild und Spiegelbild aussehen. Und dazu setzen wir die asymmetrische homogene Katalyse ein“, erklärt Professor Kaufmann und ergänzt: „Wir betreiben hier hinsichtlich Methodik und Synthese Grundlagenforschung. Später können dann diese Varianten von Pharmazeuten und Mediziner auf ihre biologische Wirksamkeit überprüft werden.“

Der Kontakt zu Frau Dr. Öcal kam quasi „über Bande“ zustande. Ein Göttinger Studienfreund von Professor Kaufmann ist heute als

Professor an der Universität von San Francisco tätig, und bei einem Aufenthalt dort lernte Professor Kaufmann die junge türkische Gastwissenschaftlerin, die mit einem NATO-Stipendium für ein Jahr als Gastwissenschaftlerin tätig war, kennen und lud sie nach Clausthal ein.

Unter dem schweren Erdbeben von 1999 in der Türkei litten auch die Universitäten.

„Ganze Labore mussten auf dem neuen Campus der Universität wieder neu aufgebaut werden“, sagt Frau Dr. Öcal. Die Türkei, ein „junges“ Land, unternimmt große Anstrengungen ein leistungsfähiges, breit gefächertes Bildungssystem für ihre Jugend und die Zukunft des Landes aufzubauen, konnte Prof. Kaufmann bei seinem Besuch im letzten Jahr feststellen. Die Technische Yildiz Universität in Istanbul, Rang drei unter 15 Universitäten in Istanbul, zählt 10.000 Studenten, von den Geisteswissenschaften bis in die Natur- und Ingenieurwissenschaften. 100 Chemiestudenten schreiben sich jedes Jahr ein. Ein großer Unterschied zu Deutschland: Während an deutschen Technischen Universitäten Professorinnen rar sind, sind an der Technischen Yildiz Universität 70 Prozent Pro-



Erforschen gemeinsam Molekül-Varianten zu Medikamenten gegen Angsterkrankungen: (v. l. n. r.) Frau Yolacan, Prof. Dr. Dieter Kaufmann, Frau Doz. Dr. Nüket Öcal.

fessorinnen tätig. Den Beruf als Wissenschaftlerin und die Familie miteinander zu vereinen, ist sehr anstrengend, denn Teilzeitarbeit ist in der Türkei unbekannt, wie Frau Dr. Öcal berichtet. „Aber direkt neben der Universität gibt es einen Kindergarten“, erzählt sie. Und natürlich hilft die Familie mit. So freuen sich auch jetzt ihr Mann und ihr elfjähriger Sohn, wenn sie nun nach drei Monaten Gastaufenthalt nach Istanbul zurückkehrt. Aber es wird sicherlich nicht ihr letzter Clausthal-Besuch sein, und ihre Doktorandin, Frau Yolacan wird auch in Zukunft bis zu ihrer Promotion jedes Jahr mehrere Monate im Clausthaler Labor zu Gast sein. ■

Druckluft als Energieträger für die Spitzenlast-Stromerzeugung

Von Hans-Jörg Barth und Tino Kentschke

Konventionelle Drucklufttechnik

Sehr früh schon wurde Druckluft für Mechanisierungsaufgaben eingesetzt. Besonders mit der Entwicklung von Bohrhämmern für den Bergbau konnte Handarbeit durch Maschinenarbeit ersetzt und die Abbauleistung spürbar gesteigert werden. Auch im Bauwesen (Aufreißhammer, Rüttler) und in der Gießerei (Stampfhammer zur Gießsandverdichtung im Formenbau) kamen schlagende Werkzeuge zum Einsatz. Im 19. Jahrhundert wurden zunehmend auch drehende Antriebe für Fördereinrichtungen im Bergbau entwickelt.

Nach dem 2. Weltkrieg verschob sich die Entwicklung der Drucklufttechnik immer mehr in Richtung der Mechanisierung und später der Automatisierung, d.h. dem Einsatz von Druckluftgeräten in der Handhabungstechnik, Fertigung, Montage und Verpackung. Gleichzeitig ging der Einsatz pneumatischer Geräte im Bergbau mit der zunehmenden Anlagengröße der Abbaumaschinen und der zugehörigen Förder-technik und mit neuen Abbaumethoden zurück zugunsten elektrischer Antriebe, die zwar im Gegensatz zu Druckluftantrieben aufwändig explosionsgeschützt werden mussten, dennoch aber eine bessere Wirtschaftlichkeit als die Druckluftantriebe boten.

Frühzeitig benutzte man Druckbehälter als Speicher, deren Aufgabe aber weniger die Energiespeicherung, sondern der Ausgleich von Förderstromschwankungen und von Unterschieden zwischen der Druckluftherzeugung und -entnahme war. Außerdem nutzt man die Verweilzeit der Druckluft im Speicher zum Ausfällen von Kondensat, weil die Luft sich dort abkühlt. Immerhin konnte die in einem Druckbehälter gespeicherte Druckluft verwendet werden, um auch nach einem Stromausfall Druckluftsysteme zu betreiben und z.B. begonnene Fertigungsaufgaben zu beenden. Typische Beispiele sind druckluftbetriebene Kesselspeisepumpen als Redundanz-Pumpen und Druckluft-Bearbeitungsmaschinen in der Chirurgie.

Heute erweist sich die Drucklufttechnik als wichtiger Zweig der Fluidtechnik mit Umsatzsteigerungen, die deutlich über denen der Ölhydraulik und des Maschinenbaus allgemein liegen, allerdings mit allen konjunkturbedingten Schwankungen typischer Investitionsgüter. Die deutsche Fluidtechnik und speziell die Drucklufttechnik spielt eine hervorragende Rolle auf dem Weltmarkt. Die Umsätze werden heute weit

überwiegend mit der Automatisierungstechnik erzielt. Die Bedeutung der Drucklufttechnik beruht vor allem auf der robusten, langlebigen kompakten Gerätetechnik, hoher Arbeitsgeschwindigkeit, ihrem hohen Verknüpfungsgrad mit elektronischer Signalverarbeitung und Sensorik sowie der Verfügbarkeit von Komplettsystemen aus Ventilen, Linear- und Drehantrieben und Peripheriegeräten aus einer Hand. Die Speicherbarkeit der Luft steht dabei nicht im Vordergrund.

Druckluft-Speicherkraftwerke

Spitzenlast-Kraftwerke haben die Aufgabe, die Abgabeleistung an elektrischem Strom den täglichen und jahreszeitlichen Belastungsschwankungen anzupassen. Rasche Laständerungsgeschwindigkeiten erfordern zusätzlich den Einsatz von speziellen Kraftwerken geringer Trägheit. Hierzu dienen vor allem Wasserspeicher-Kraftwerke wie z.B. das unterhalb der Okertalsperre, das mit einer Francis-Turbine arbeitet. Eine besondere Form derartiger Kraftwerke sind die Pumpspeicher-Kraftwerke, bei denen in Schwachlastzeiten mit entsprechend günstigen Stromtarifen Wasser in das Pumpspeicherbekken gepumpt und in Spitzenlastzeiten Wasser entnommen und in Turbinen als Generatorantrieb genutzt wird. Pumpspeicherkraftwerke sind zum einen flexible Speicher, zum anderen können sie Stromüberschüsse aufnehmen. Die Hochlaufzeit einer Wasserturbine aus dem Stillstand beträgt einige Minuten. Ansprechzeiten im Bereich von Sekunden oder sogar Bruchteilen von Sekunden („Sekundenreserve“) werden mit Schwungradern, mit Batteriesystemen oder mit Kondensatoren erreicht, wobei teilweise nur kurze Zeitintervalle überbrückt werden können. Besondere Probleme beim Ausgleich von Bedarf und Stromerzeugung gibt es in Inselnetzen, die z.B. mit Windenergie Strom erzeugen. Solche Netze arbeiten häufig bei zu geringer Stromlieferung mit Dieselmotoren als Generatorantrieb, deren Hochlaufzeit allerdings zu groß ist, um kurzzeitige Überbrückungen zu ermöglichen. Hier besteht besonderer Bedarf an geeigneten Systemen der Sekundenreserve auch für kleine Anlagenleistungen, die rasch ansprechen und auch starke Strombedarfsschwankungen ausregeln können. Aber auch in Verbundnetzen kann der Einsatz örtlicher Anlagen der Sekundenreserve z.B. aus Tarifgründen sinnvoll sein: Spitzenlast-Strom ist immer teuer.

Wie erwähnt dienen häufig Pumpspeicher-Kraftwerke zur Spitzenlastabdeckung. Geeignet sind auch Gasturbinen-Kraftwerke, die sich durch vergleichsweise niedrige Anlagenkosten auszeichnen.

Seit vielen Jahren diskutiert man vor allem in den USA so genannte Druckluft-Speicherkraftwerke (CAES – compressed air energy storage), Anlagen, bei denen Druckluft in Kavernen gespeichert wird. Die Druckluft wird während Schwachlastzeiten mit entsprechend günstigen Strompreisen mit Hilfe elektrisch angetriebener Verdichter erzeugt. Bei Spitzenbedarf wird die Druckluft aus der Kaverne in Brennkammern erhitzt und dann in Gasturbinen verarbeitet. Es handelt sich demnach um Gasturbinen-Kraftwerke, bei denen Verdichtung und Turbinenbetrieb voneinander getrennt sind. Gegenüber einem konventionellen Gasturbinen-Kraftwerk ist vorteilhaft, dass die Turbinenleistung vollständig für den Generatorantrieb genutzt werden kann und nicht, wie in konventionellen Gasturbinenanlagen, etwa 2/3 der Leistung für den Verdichterantrieb aufgewandt werden muss. Verdichter und Turbine können unabhängig voneinander dimensioniert werden. **Bild 1** zeigt ein Anlagenschema für ein Druckluft-Speicherkraftwerk mit dreistufiger Verdichtung, Zwischen- und Nachkühlern und zweistufiger Entspannung in Gasturbinen. Ein Teil der Restwärme im Abgas der Turbinen wird zur Vorwärmung der Druckluft aus der Kaverne genutzt.

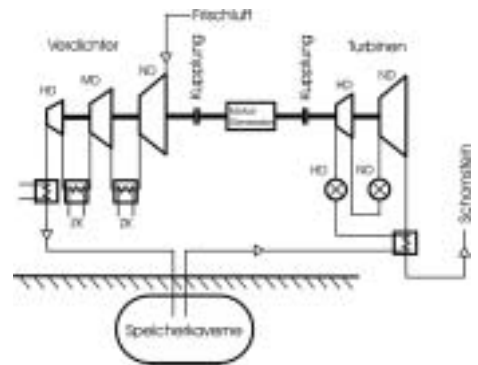


Bild 1: Schema eines Druckluft-Speicherkraftwerks mit Zwischen- und Nachkühlung bei der Verdichtung und mit Luftvorwärmung vor der HD-Brennkammer

Nachteilig ist, dass wegen der Kavernenstabilität höhere Drücke als in Gasturbinen üblich erzeugt werden müssen, weshalb Sonderkonstruktionen erforderlich sind. Ein weiterer Nachteil besteht darin, dass die Verdichtungswärme in Zwischen- und Nachkühlern und in der Kaverne abgeführt wird. Bei der Bilanzierung ist ferner zu beachten, dass beim Verdichterantrieb durch die Gasturbine eine Energiewandlungsstufe weniger als bei elektrischem Antrieb erforderlich ist. Ein Druckluft-Speicherkraftwerk ist ähnlich flexibel wie ►

ein Pumpspeicherkraftwerk (der Hochlauf bis Volllast dauert mit ca. 10 min etwas länger), ist aber nicht an gebirgige Gegenden gebunden. Die erste derartige Anlage wurde 1978 in Huntorf in Deutschland mit einer Abgabeleistung von 290 MW für 4 Stunden und einem Speichervolumen von 300.000 m³ errichtet und in Betrieb genommen. Diese Anlage zeichnet sich offenbar durch hohe Verfügbarkeit und Zuverlässigkeit aus. Eine zweite Anlage ging 1991 in McIntosh/Alabama in Betrieb. Abschätzungen mit aus dem Schrifttum entnommenen Betriebsdaten für die USA-Anlage liefern theoretische Gesamtwirkungsgrade für die Anlage McIntosh von 54 % gegenüber 66 % für eine konventionelle Gasturbinenanlage.

Druckluftspeicherung für die kurzzeitige Spitzenlastabdeckung – „Sekundenreserve“

Druckluftmotoren sind kompakt, betriebssicher; sie sind robust und haben eine hohe Lebensdauer. Aus dieser Sicht erscheinen sie geeignet als Generatorantrieb auch für Systeme der Sekundenreserve, besonders auch, weil sie sich (abhängig von der Bauart) sehr gut für den Schnellstart eignen und sehr einfach stufenlos gesteuert oder geregelt werden können. Druckluft lässt sich wie eingangs beschrieben einfach in normalen Druckbehältern speichern. Leider existieren Druckluftmotoren aber nur für kleine Leistungen bis etwa 10 kW, meist darunter. Die größten handelsüblichen Motoren sind Zahnradmotoren mit einer Leistung von 65 kW. Ferner ist Druckluft ein teurer Energieträger: Sie wird vor allem mit Hilfe elektrisch angetriebener Verdichter erzeugt, und die mit Druckluft-Motoren gewinnbare spezifische Leistung ist wesentlich kleiner als der spezifische Leistungsbedarf der Verdichtung. Das Verhältnis der spezifischen Leistungen von Motor und Verdichter kann man als Wirkungsgrad auffassen:

$$\eta = \frac{P_{sp,M}}{P_{sp,V}}$$

Für die spezifische Leistung eines Motors bei adiabater Expansion gilt:

$$P_{sp,M} = \frac{P_M}{V_N} = \frac{\kappa}{\kappa - 1} \frac{T_1}{T_N} \left(\left(\frac{p_0}{p_1} \right)^{\frac{\kappa-1}{\kappa}} - 1 \right)$$

Dabei sei 1 der Ausgangszustand der Entspannung, 0 der Umgebungszustand und N der Referenzzustand. Die spezifische Leistung ist proportional der Ausgangstemperatur T_1 , die bei konventionellen Druckluftanlagen, wie im einleitenden Abschnitt beschrieben, wegen der Zwischen- und Nachkühlung der Luft im allgemeinen der Umgebungstemperatur entspricht. Verzichtet

man auf die Kühlung, steigt die spezifische Leistung proportional zur Temperatur an. Eine Vergrößerung des Vordrucks p_1 hat (außer bei sehr kleinen Vordrücken) nur eine unterproportionale Zunahme der spezifischen Leistung zur Folge. Temperatursteigerungen sind also wirkungsvoller als Drucksteigerungen. Ein weiterer Vorteil ungekühlter Druckluft ist, dass keinerlei Kondensationsprobleme auftreten und deshalb auf Kondensatablässe, Kondensatabscheider und Einrichtungen zur Lufttrocknung verzichtet werden kann. Die Wahl von Druck und Temperatur orientiert sich zweckmäßig an den Temperaturgrenzen: Für 200°C gibt es handelsübliche ölfreie Kolben-Verdichter; 300°C entsprechend einer isentropen Verdichtung auf etwa 10 bar sollte ohne große Probleme zu verwirklichen sein; 400°C entsprechend einer isentropen Verdichtung auf etwa 20 bar werden mit den vielstufigen Axialverdichtern konventioneller Gas-

turbinenanlagen erreicht; 500°C (Verdichtung auf etwa 30 bar) wird in der Maschinentechnik für Dampfkraftwerke verwendet. Bei der Entwicklung entsprechend angepasster Konstruktionen für den skizzierten Betrieb mit Druckluft sind allerdings weitere Restriktionen zu beachten wie z.B. Teillastverhalten bei der Verdichtung oder die erforderliche Verstellgeschwindigkeit zur Leistungsanpassung im Antrieb. Eine direkte Übernahme einer fremden Gerätetechnik verbietet sich deshalb.

Ein Problem eines solchen Speichersystems ist die Druckabnahme während der Entnahme: Wenn sich der Druckluftzustand im Motoreinlass fortlaufend ändert, muss der Volumenstrom durch die Maschine stetig erhöht werden, um eine konstante Antriebsleistung zu erzielen. Um dieses Problem zu umgehen, kann man die Anlage so betreiben, dass der Motoreinlassdruck durch Drosselung für die Überbrückungs-

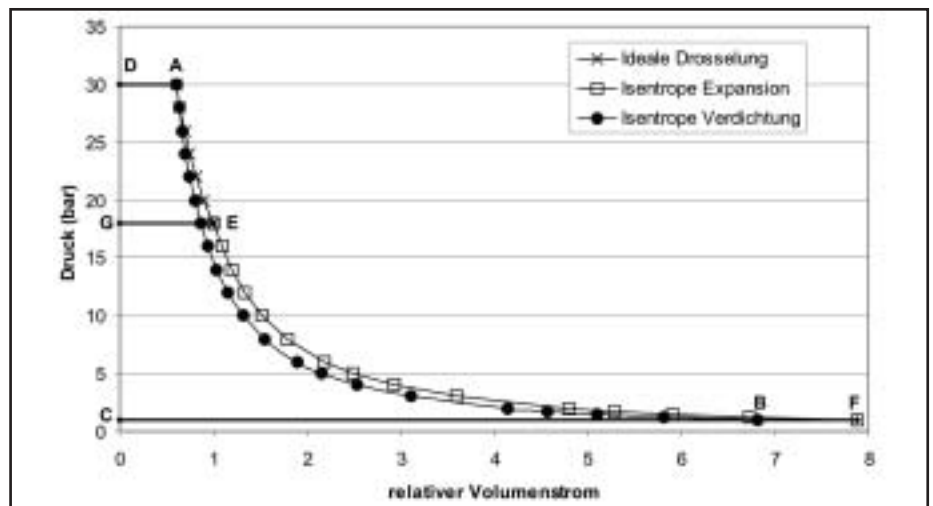


Bild 2: p-V-Diagramm für die Entspannung in einem Druckluftmotor (Max. Behälterdruck 30 bar, Einstelldruck 18 bar, Umgebungsdruck 1 bar)

	Verdichtung	
	gekühlt	ungekühlt
Adiabate Verdichtung auf 30 bar, mit Zwischen- und Nachkühlung (dreistufig) auf jeweils 293K	7,286 kW/(m ³ /min)	
Entspannung 18 → 1bar	3,567 kW/(m ³ /min)	
Entspannungsendtemperatur	128 K = -145°C	
Isentrope Verdichtung auf 30 bar (keine Kühlung)		10,434 kW/(m ³ /min)
Verdichtungsendtemperatur		775 K = 502°C
Entspannung 18 → 1bar		9,436 kW/(m ³ /min)
Entspannungsendtemperatur		339 K = 66°C
Wirkungsgrad η	49,00%	90,40%

Tabelle 1: Werte für die spezifischen Leistungen und Wirkungsgrade bei gekühlter und bei ungekühlter Verdichtung

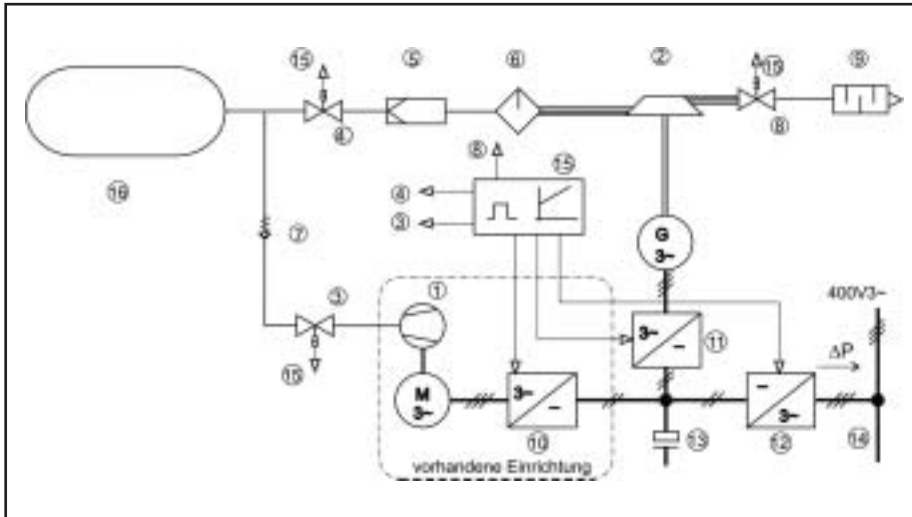


Bild 3: Schema der Versuchsanlage für kurzzeitige Spitzenlastabdeckung

1 – Verdichter, 2 – Druckluftmotor, 3, 4 – 2/2-Wegeventile, magnetbetätigt (für 4 kann auch ein Druckminderventil eingesetzt werden), 5, 6 – Filter, 7 – Rückschlagventil, Proportionalventil, 8 – Signal, 9 – Schalldämpfer, 10 – motorseitiger Wechselrichter, 11 – generatorseitiger Wechselrichter, 12 – netzseitiger Wechselrichter, 13 – elektrischer Kurzzeitspeicher, 14 – Niederspannungsnetz, 15 – Regeleinrichtung, 16 – Druckluftkessel

dauer auf einem konstanten Wert, dem Einstelldruck, gehalten wird. An sich sinkt die Temperatur, wenn der Druck im Behälter bei der Entnahme sinkt. Doch ist wegen der viel höheren Dichte die Wärmekapazität der Behälterwandungen um ein vielfaches höher als die der darin enthaltenen Druckluft. Bei der folgenden Betrachtung eines gewählten Beispiels wird deshalb angenommen, dass die Lufttemperatur im Motoreinlass konstant sei.

Es wird angenommen, dass Luft von 1 bar, 293 K auf 30 bar verdichtet wird. Bei Spitzenlastbedarf wird diese Luft auf 60 % entsprechend 18 bar gedrosselt und dann in einem Druckluftmotor verarbeitet. Verglichen wird eine konventionelle Verdichtung, dreistufig, mit Zwischen- und Nachkühlung auf Ansaugtemperatur mit einer adiabaten Verdichtung ohne Zwischen- und Nachkühlung. **Bild 2** zeigt Verdichtung (Arbeitsfläche ABCD) und Entspannung im p-V-Diagramm, wobei das bezogene Volumen 1 das Schluckvolumen des Motors kennzeichnen soll. Eingetragen ist ferner der Einstelldruck 18 bar. Es wird hier vereinfachend ideales Gasverhalten der Luft und ideale Drosselung vorausgesetzt. Dann ändert sich der Zustand im Behälter kontinuierlich entsprechend der dargestellten Drosselkurve von 30 auf 18 bar.

Man sieht aus den Flächen unterhalb der Expansionslinie als Maß für die umgesetzten Arbeiten, dass selbst der maximale Drosselverlust bei Beginn der Entnahme vergleichsweise klein gegenüber der genutzten Arbeit (Fläche EFCG) zwischen 18 und 1 bar ist. Wenn der Behälterdruck auf 18 bar abgesunken ist, entsteht kein Drosselverlust mehr. Die folgende Übersicht nennt einige Werte für die spezifischen Leistungen und Wirkungsgrade bei gekühlter und bei ungekühlter Verdichtung (siehe **Tabelle 1**

auf Seite 18).

Man sieht, dass der Verzicht auf die Kühlung den (theoretischen) Wirkungsgrad erheblich anhebt, womit die Kosten der Druckluft sinken. Selbstverständlich muss ohne Kühlung deutlich mehr Leistung für die Verdichtung aufgebracht werden, der Gewinn ist aber wesentlich höher als der höhere Aufwand. Es ist einleuchtend, dass

der Wirkungsgrad zu 100 % wird, wenn Verdichtung und Motorbetrieb entlang der gleichen Zustandsänderungen verlaufen. Wird, wie im vorliegenden Beispiel, die Druckluft gedrosselt, so ergibt sich ein gewisser Verlust. Die Berechnung liefert einen Wirkungsgrad für das Beispiel ohne Kühlung von gut 90 %. Ein gleich großer Drosselverlust ergibt sich auch bei gekühlter Druckluft. Zusätzlich wird durch die Kühlung die gewinnbare Arbeit und folglich auch die spezifische Leistung stark reduziert, und im Beispiel ergibt sich ein Wirkungsgrad von knapp 50 %. Die wirklich erreichbaren Wirkungsgrade liegen wegen der Verluste wirklicher Maschinen – vor allem durch weitere Drosselung und durch Leckverluste – unterhalb der hier gefundenen Werte. Die gefundenen Steigerungen bei ungekühlter Druckluft gegenüber konventioneller Druckluft erscheinen aber auch für eine spätere Hauptausführung realistisch. Die Druckluftkosten lassen sich zusätzlich durch entsprechende konstruktive Maßnahmen besonders bei den Motoren senken. Konventionelle Druckluftmotoren arbeiten überwiegend als reine Verdränger und weisen oft unnötig hohe Drosselverluste auf. Die Drosselverluste werden häufig durch knapp ausgelegte Schalldämpfer bestimmt. Hier werden Verbesserungen durch Mehrstufigkeit und durch sorgfältige Schalldämpferauslegungen erwartet. Die gerade für Drehkolbenmotoren typischen Leckagen nehmen mit zunehmender Maschinengröße und mit steigender Drucklufttemperatur ab. Auch sie lassen sich konstruktiv weiter reduzieren. ▶



Bild 4: Versuchsanlage für Systemuntersuchungen bei Verwendung warmer Druckluft

1 - Verdichtereinheit aus drei parallel-geschalteten ölfreien Hubkolbenkompressoren ohne Nachkühlung; Verdichtungsendtemperatur ca. 190°C, max. Enddruck 10 bar(ü), 2 - Kessel (8 m³) für warme Druckluft, isoliert mit 16 cm dicken Mineralwollematten, 3 - Druckleitung vom Verdichter zum Kessel, isoliert mit 16 cm Mineralwolle (folienkaschiert), 4 - Prüfstand für Motortests, 5 - Rechner zur Messwerterfassung

Um Untersuchungen zu den einzelnen Anlagenteilen und zum Gesamtsystem unter der Wirkung erhöhter Drucklufttemperaturen vornehmen zu können, wurde eine Versuchsanlage gemeinsam mit dem Institut für Elektrische Energietechnik geplant und bisher der pneumatische Teil im Institut für Tribologie und Energiewandlungsmaschinen aufgebaut. **Bild 3** zeigt das Schema und **Bild 4** ein Foto der Versuchsanlage.

Mit dieser Versuchsanlage lässt sich für eine Überbrückungsdauer von 5 min, einen Fülldruck von 10 bar und einen Einstelldruck von 6 bar theoretisch bei isentroper Entspannung eine Antriebsleistung von knapp 15 kW bei einem Arbeitsvermögen von knapp 1,25 kWh bereitstellen. Im Foto erkennt man deutlich die Wärmeisolation von Behälter und Rohrleitungen. An diesem Versuchsstand wurden bisher mit einem handelsüblichen Zahnradmotor Versuchsreihen zum Betriebsverhalten für Druckluft-Eintrittstemperaturen bis knapp 100°C durchgeführt, in denen die erwartete Steigerung der erzielbaren spezifischen Leistung und des Wirkungsgrades nachgewiesen werden konnte. Zahnradmotoren nutzen ausschließlich die Verdrängungsarbeit, für deren theoretische spezifische Leistung gilt:

$$P_{sp} = \frac{T_1 P_N}{T_N} \left(\frac{P_0}{P_1} - 1 \right)$$

(Indizierung wie oben). Die spezifische Leistung steigt theoretisch auch bei reiner Verdrängung linear mit der absoluten Temperatur. Bild 5 zeigt als Beispiele gemessene spezifische Leistungen bei konstantem Netzdruck im Vergleich mit

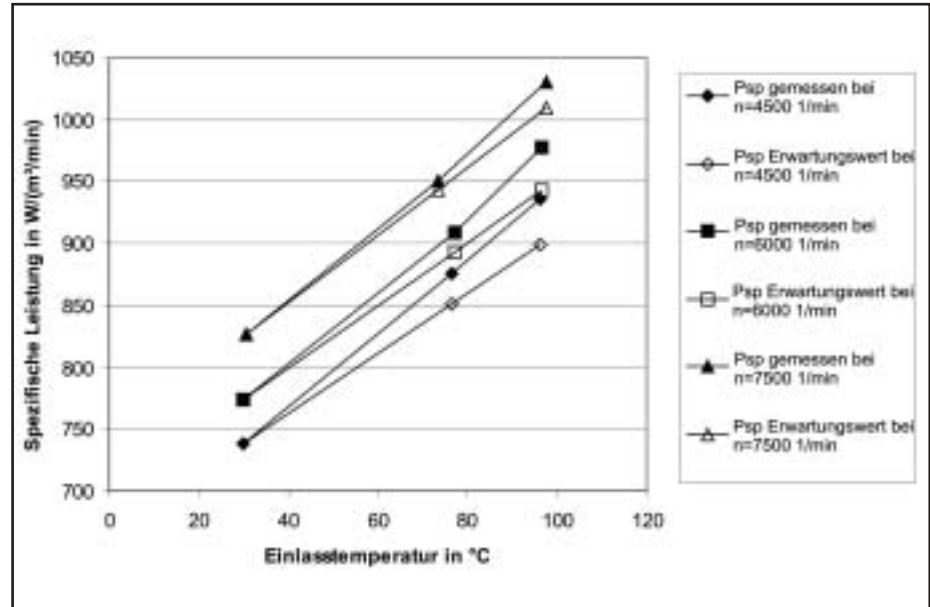


Bild 5: Aus Messungen ermittelte spezifische Leistung eines einstufigen Zahnradmotors bei konstanter Druckdifferenz $\Delta p = 6,11$ bar im Vergleich zu umgerechneten Erwartungswerten

Erwartungswerten für direkte Proportionalität zur Temperatur.

Die Messwerte steigen deutlich stärker als proportional zur Temperatur. Dies bestätigt anschaulich die Tatsache, dass die Leck- und Drosselverluste mit steigender Temperatur abnehmen. Geplant ist die Entwicklung von Motoren für Drucklufttemperaturen bis 300°C, deren spezifische Leistung gegenüber marktüblichen Motoren verdoppelt wird. Dadurch soll ein wirtschaftlicher Einsatz in der Spitzenlastabdeckung

elektrischer Netze vor allem für den Inselbetrieb ermöglicht werden.

Prof. Dr.-Ing. Hans-Jörg Barth
 Dipl.-Ing. Tino Kentschke
 Institut für Tribologie und
 Energiewandlungsmaschinen
 Leibnizstraße 32
 38678 Clausthal-Zellerfeld
 Tel.: 05323/72-2467 (Barth)
 05323/72-2470 (Kentschke)
 Fax: 05323/72-2617

Fester Presssitz durch „hydraulisches Aufweiten“

Von Torsten Grünendick

Das Innenhochdruckfügen (IHF) im Apparatebau, bekannt unter dem Begriff des „hydraulischen Aufweitens“, ist eine Befestigungsmethode, um Rohre (Wellen) mit Rohrscheiben (Naben) zu verbinden. Die Verbindung zwischen Rohren und Rohrscheiben ist im Apparatebau ein Fertigungsprozeß von großer sicherheitstechnischer und verfahrenstechnischer Bedeutung. Insbesondere für die Herstellung von Wärmetauschern (**Bild 1**) in konventionellen und kern-technischen Kraftwerken wird diese Verbindungsart verwendet.

Die übliche Art der Rohr-/Rohrplattenverbindung war über Jahrzehnte hinweg das mechanische Ein-

walzen der Rohre, **Bild 2**. Beim Einwalzen entstehen jedoch hohe örtliche Spannungen und Verformungen, die durch den „harten“ Kontakt zwischen Rohr und Walzstein erzeugt werden. Dadurch kommt es zur Spannungsrisskorrosion, welche die Verbindungsqualität mindert. Des weiteren gelang es nicht, die Verformung durch das Einwalzen so zu optimieren, dass einerseits der Endspalt zwischen Rohr und Rohrplatte vollständig verschlossen wird und andererseits das Rohr nicht abschert. Dieser Spalt kann sich schnell zum Korrosionsnest entwickeln und die Verbindung zerstören.

Mit dem hydraulischen Aufweiten konnten

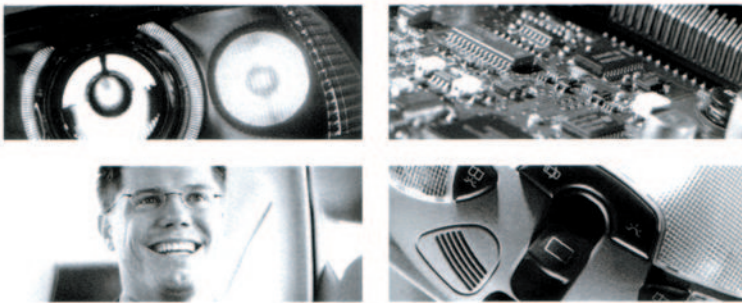
diese unerwünschten Eigenschaften und Nachteile aufgrund der hydraulischen Innendruckkräfte beseitigt werden. Die Restspannungen im Rohr sind wesentlich reduziert, was sich besonders bei spannungsrisskorrosionsempfindlichen Werkstoffen als Vorteil erweist. Ebenso gelingt die Schließung des Spaltes zwischen dem Rohr und der Rohrplatte durch ein gleichmäßiges Ausbilden der Verbindung, speziell an den Randzonen. Hierfür ist im Wesentlichen die Platzierung der Sondendichtung im Rohr bzw. in der Welle verantwortlich.

Das Einführen und Platzieren der Aufweitesonde (**Bild 3**) in das Rohr zur Aufweitung der



**Diplom-Ingenieure/-innen
Elektrotechnik / Maschinenbau**

**Kommen Sie zu uns
mit Ihrem neuen Denken
und Handeln!**



Als Schrittmacher des Fortschritts in der Elektronik und Lichttechnik der automobilen Welt sorgen wir seit über 100 Jahren für mehr Sicherheit, Komfort und Wirtschaftlichkeit. Unsere Ziele realisieren wir mit Tochtergesellschaften auf allen Kontinenten, globalen Vertriebsorganisationen und weltweit über 23.000 Mitarbeitern. Unsere Unternehmenskultur mit flachen Hierarchien, integrativen Strukturen und kooperativer Führung bietet alles, was Ihren Start ins Berufsleben und das anschließende Vorwärtstkommen erfolgreich macht. Sind Sie Absolvent/in oder Student/-in des Ingenieurwesens

(Elektrotechnik, Maschinenbau), der Wirtschaftswissenschaften oder Informatik? Dann bewerben Sie sich bei:

Hella KG Hueck & Co.
Wencke Braun, E-Mail: wencke.braun@hella.de
Telefon: 02941/38-1155
Hochschulmarketing
Rixbecker Straße 75
59552 Lippstadt
www.hella.com



**Ideen für das
Auto der Zukunft**



Bild 1: Rohrbündel eines Wärmetauschers
(TITZE, WILKE 1992)

Fügepartner und das häufige Auswechseln der Sondendichtungen sind zwar sehr zeitintensiv, werden aber durch den schnellen Aufweiteprozess, der nur Bruchteile einer Sekunde benötigt, deutlich kompensiert. Damit wird das hydraulische Aufweiten gegenüber dem Einwalzen zu einem fertigungstechnisch schnelleren Verfahren.

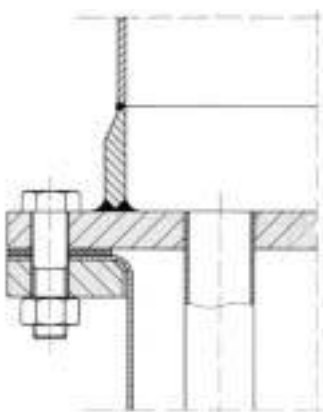


Bild 2: Rohr/Rohrscheibenverbindung durch mechanisches Einwalzen (TITZE, WILKE 1992)

Mit der erfolgreichen Anwendung des hydraulischen Aufweitens im Apparatebau und seinen vielen Vorteilen, wie z.B. hohe Qualität und gute Reproduzierbarkeit der Verbindungen sowie schnelle und einfache Fertigung, ist ein Innovationstransfer auch auf andere Gebiete der Technik erfolgt. So wird seit wenigen Jahren dieses Verfahren zur Fertigung von Pressverbindungen verwendet, die vorrangig zur Herstellung gebauter Nockenwellen für Verbrennungsmotoren dienen.

Dieses fertigungstechnisch neu hergestellte Maschinenelement benötigt im Gegensatz zu den herkömmlichen Pressverbindungen, bei denen ein Übermaß der Fügepartner die spielfreie Übertragung hoher statischer und dynamischer Lasten gewährleistet, keine speziell abgestimmten Toleranzen. Damit sind die Geometrieanforderungen der Kontaktflächen durch ein zulässiges FügeSpiel deutlich geringer. Dies führt zu einer erheblichen Kosteneinsparung durch Verminderung des Fertigungsaufwandes und ermöglicht eine Verkürzung der Fertigungszeiten durch bessere Montage.

Prinzip des Innenhochdruckfügens

Das Prinzip des Innenhochdruckfügens ist erstaunlich einfach. Die Hohlwelle wird in der Nabe ausgerichtet. Das Aufweitwerkzeug (Sonde, Bild 3) wird in die Welle geführt und so positioniert, dass die auf der Sonde befindlichen Dichtungen exakt mit den Nabenrändern abschließen. Dieser im Rohr genau abgedichtete Ringspalt unterhalb der Nabe und zwischen den Sondendichtungen wird anschließend durch ein Hydromedium mit Druck beaufschlagt, Bild 5-b. Dieses Medium gelangt durch eine Sondenbohrung in den Ringspalt.

Bei Drucksteigerung weitet sich die Welle lokal unterhalb der Nabe elastisch und/oder plastisch auf, Bild 4-1. Nachdem das FügeSpiel überwunden ist, legt sich die Welle an die Nabe an und beide Bauteile expandieren, Bild 4-2. Bei weiterer Drucksteigerung und durch die gezielte Materialkombination der beiden Fügepartner wird die Welle plastisch, die Nabe lediglich elastisch verformt, Bild 4-3. Nach dem Erreichen des max. Fügedrucks und Halten des Drucks für einen bestimmten Zeitraum erfolgt die vollständige ▶

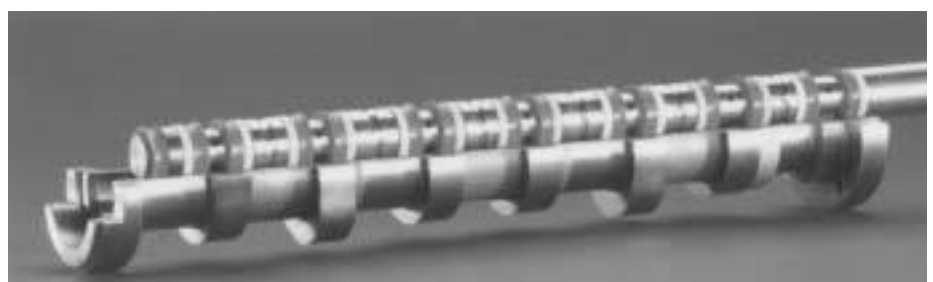


Bild 3: Sonde zum Fügen einer Nockenwelle (Prospekt DAIMLER-CHRYSLER)

Analytische Betrachtungen zum Fügeprozess

Das hydraulische Verfahren und die in der Regel rotationssymmetrischen Fügepartner bieten gute Voraussetzungen für eine analytische Betrachtung des Spannungs- und Verformungszustandes. Die im folgenden gezeigten Diagramme beruhen auf einer einfachen elastisch-plastischen Berechnungsmethode, wie sie im Apparatbau allgemein bekannt ist. Ausgangspunkt sind die rotationssymmetrischen Gleichgewichtsbedingungen in Polarkoordinaten, die mit den Spannungs-Dehnungsbeziehungen eine homogene Differentialgleichung ergeben. Als Lösung erhält man ein rotationssymmetrisches ebenes Spannungsfeld.

Unter Verwendung der Fließbedingung nach von Mises lässt sich über die Verformungsbeziehungen ein „unterer“ Grenzfugedruck (p_{Grenz}) ermitteln, bei dem die Rückfederung der Nabe genauso groß ist wie die Rückfederung der durchplastifizierten Welle, Bild 5-d. Somit stellt sich erst nach dem Überschreiten dieses Grenzfugedruckes ein Fugendruck (p_F) ein, der zu einem Presssitz führt. Im Wesentlichen ist dieser Grenzfugedruck von den Durchmesserhältnissen der Welle ($Q_I = D_{II}/D_{AI}$) und der Nabe ($Q_A = D_{IA}/D_{AA}$) abhängig sowie über das E-Modul-Verhältnis und die Streckgrenze der Welle beeinflussbar.

$$p_{\text{Fluid}} \geq p_{\text{Grenz}} = f\left(Q_A, Q_I, \frac{E_A}{E_I}, \sigma_{FI}\right)$$

Druckrücknahme. Welle und Nabe federn gemeinsam zurück, Bild 4-4. Durch die unterschiedlichen Nachgiebigkeiten und aufgrund der Streckgrenzenunterschiede der Fügepartner ergibt sich ein unterschiedliches Rückfederungspotential, das dazu führt, dass sich die Nabe auf die Welle „schrumpft“. Die Rückfederungsbehinderung, verursacht durch die plastifizierte Welle, sorgt für einen festen Presssitz der Welle-Nabe-Verbindung, Bild 5-c.

Wird eine ungünstige Materialpaarung gewählt, bei der das Rückfederungsverhalten der Nabe kleiner ist als das der Welle, kann sich ein Presssitz nicht ausbilden, Bild 5-e. Auch ist der Presssitz möglicherweise nicht realisierbar, wenn der Fugedruck einen Grenzwert ($p_{\text{Fließ,IA}}$) erreicht, der zum Plastifizieren der Nabe führt. Hier behindern die entstehenden Eigenspannungen ein vollständiges Zurückfedern, so dass auch hier ein Fugespalt verbleibt, Bild 5-f.

Den Grenzzustand, bei dem die Rückfederung der Nabe gleich der Rückfederung der Welle ist, wird in Bild 5-d dargestellt. Hier liegt also ein Zustand vor, der mindestens erreicht werden muss, damit sich ein Presssitz bei Überschreitung des Grenzfugedruckes einstellt. Bei der analytischen Betrachtung der Verbindung ist dieser „Grenzzustand“ von besonderer Bedeutung.

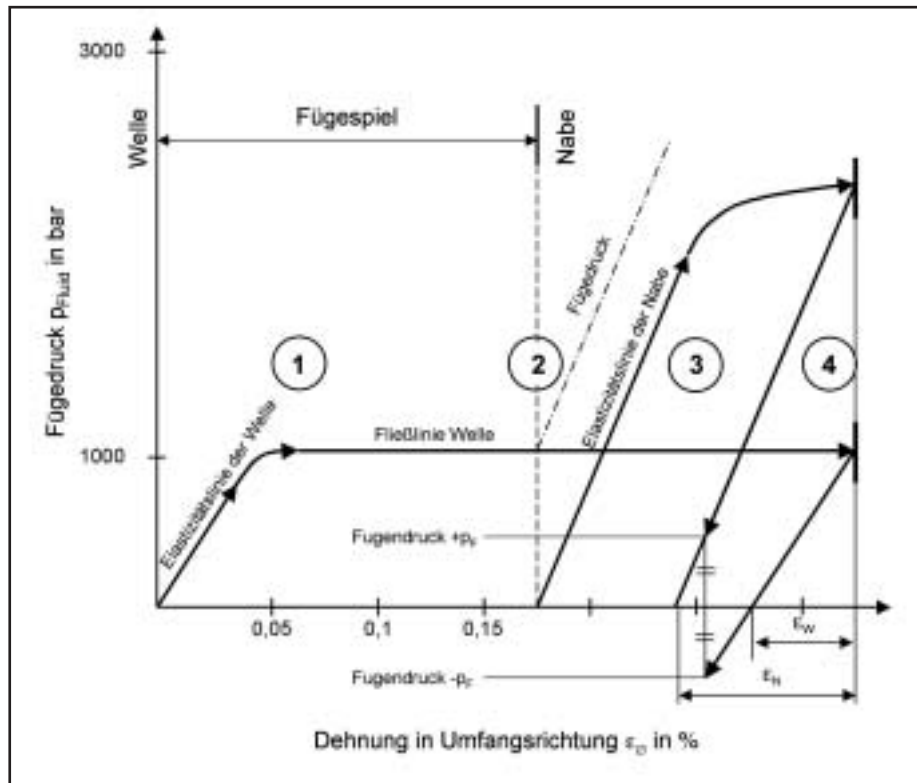


Bild 4: Verformungsschaubild der Welle-Nabe-Verbindung während des Innenhochdruckfügens

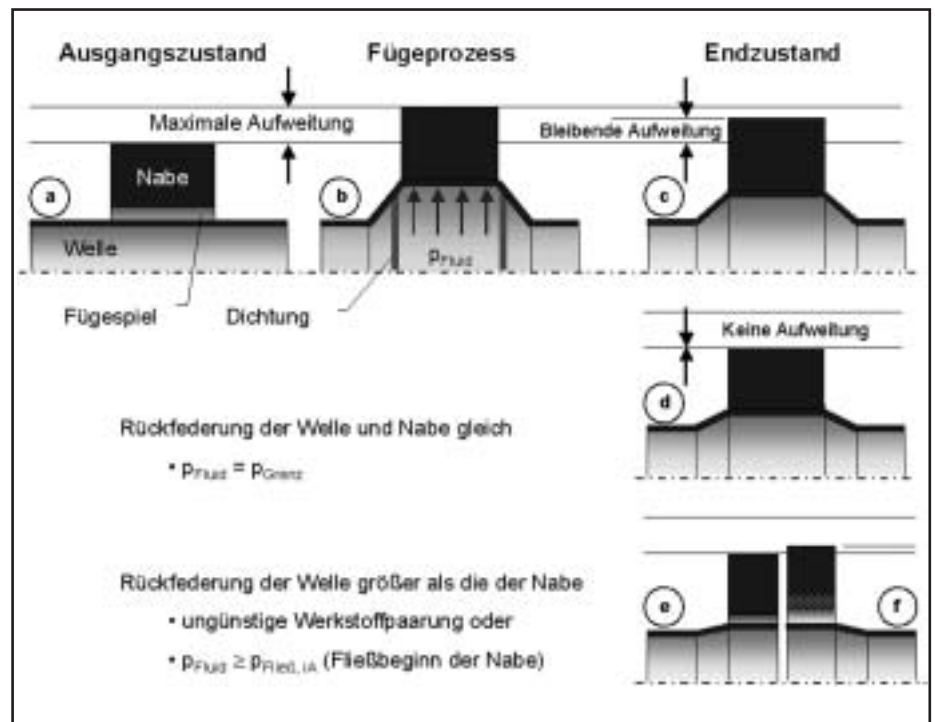


Bild 5: Phasen des Fügeprozesses und mögliche Endzustände

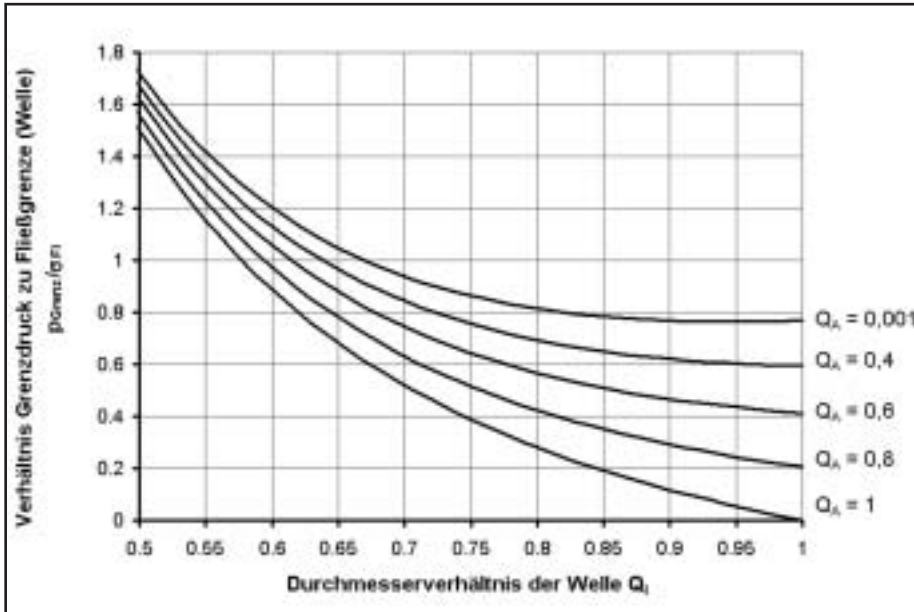


Bild 6: Bezogener Grenzfügedruck in Abhängigkeit von der Welle-Nabe-Geometrie

In **Bild 6** ist der auf die Fließgrenze der Welle bezogene „untere“ Grenzfügedruck in Abhängigkeit von der Welle-Nabe-Geometrie dargestellt. Die Kurve $Q_A=0,001$ gibt den bezogenen Grenzfügedruck einer Welle-Nabe-Verbindung mit einer plattenähnlichen Nabe an. Die Kurve $Q_A=1$ entspricht gerade dem bezogenen Fügedruck, bei dem die Welle vollständig plastifiziert. Die untereinander verlaufenden Linien zeigen eine deutliche Abhängigkeit von dem Durchmesser Verhältnis der Nabe, die mit dem Durchmesser Verhältnis der Welle den Grenzfügedruck zur Fließgrenze der Welle beeinflussen. Bei dünnwandigen Naben wird daher ein geringerer Grenzfügedruck als bei dickwandigen benötigt, um gleiche Rückfederungen der Fügepartner zu erreichen. Dies führt bei dünnwandigen gegenüber dickwandigen Naben und gleichen Fügedrücken zu einem deutlich höher ausgebildeten Presssitz (gleicher Wellendurchmesser angenommen), vgl. auch hierzu ergänzend **Bild 8**. Umgekehrt ist bei dickwandigen Naben die Steifigkeit höher und dementsprechend die Nachgiebigkeit geringer. Dies hat dann wiederum zur Folge, dass die Rückfederung der Nabe geringer ausfällt, was dann zu geringeren Fügedrücken führt. Werden verschiedene Nabensteifigkeiten bei gleicher maximaler Aufweitung verglichen, so ist diese bei dickwandigen Naben mit einer vergleichsweise größeren gemeinsamen Rückfederung verbunden als bei dünnwandigen Außen teilen. Es bildet sich ein höherer Passfügedruck aus!

Wird während des Fügeprozesses die Nabe plastifiziert, können unerwünschte Behinderung der Rückfederung der Nabe durch die Plastifizierungszone entstehen, Bild 5-f. Daher ist zu fordern, dass die Nabe nicht plastifizieren darf. Dieser „obere“ Grenzfügedruck $p_{\text{Fließ,IA}}$, der

nötig ist, um die Nabe zu plastifizieren, ist hauptsächlich von dem Streckgrenzenverhältnis der Nabe zur Welle und den Durchmesser Verhältnissen abhängig. Wird also eine höhere Streckgrenze der Nabe gewählt, kann durch einen höheren Grenzfügedruck der Presssitz stärker ausgebildet werden. Eine erhebliche Steigerung der Drehmomenten- bzw. Kraftübertragung ist die Folge.

$$p_{\text{Fließ}} \leq p_{\text{Fließ,IA}} = f\left(\sigma_A, Q_1, \frac{\sigma_{FA}}{\sigma_{FI}}\right)$$

Bild 7 zeigt für das Nabendurchmesser Verhältnis $Q_A=0,8$ mehrere dazugehörige Streckgrenzenverhältnisse ($\sigma_{FA}/\sigma_{FI}=0,6; 0,8; 1,5; 2$). Die Kurven zeigen, dass sich bei einem Nabendurchmesser Verhältnis $Q_A=0,8$ und Streckgrenzenverhältnis $\sigma_{FA}/\sigma_{FI}=0,6$ ein Presssitz ohne Plastifizieren der Nabe nur dann einstellt, wenn das Wellendurchmesser Verhältnis kleiner $Q_1=0,77$ ist. Dagegen erhöhen größere Streckgrenzenverhältnisse das Potential für einen festeren Presssitz, ohne die Plastifizierung der Nabe zu riskieren ($\sigma_{FA}/\sigma_{FI}=1,5; 2$). Die beiden Kurven $Q_A=0,4$ und $\sigma_{FA}/\sigma_{FI}=0,8$ (für $Q_A=0,4$) verdeutlichen lediglich die bereits angesprochene Abhängigkeit.

Der „untere“ und „obere“ Grenzfügedruck, die den aufzubringenden Fügedruck begrenzen, sind damit sowohl von der Geometrie der Welle und Nabe abhängig als auch vom Werkstoffverhalten der Fügepartner, gekennzeichnet durch die Streckgrenzen (Fließgrenzen) und E-Moduli.

Neben der Kenntnis des Arbeitsbereiches – „unterer“ und „oberer“ Grenzfügedruck – ist ►

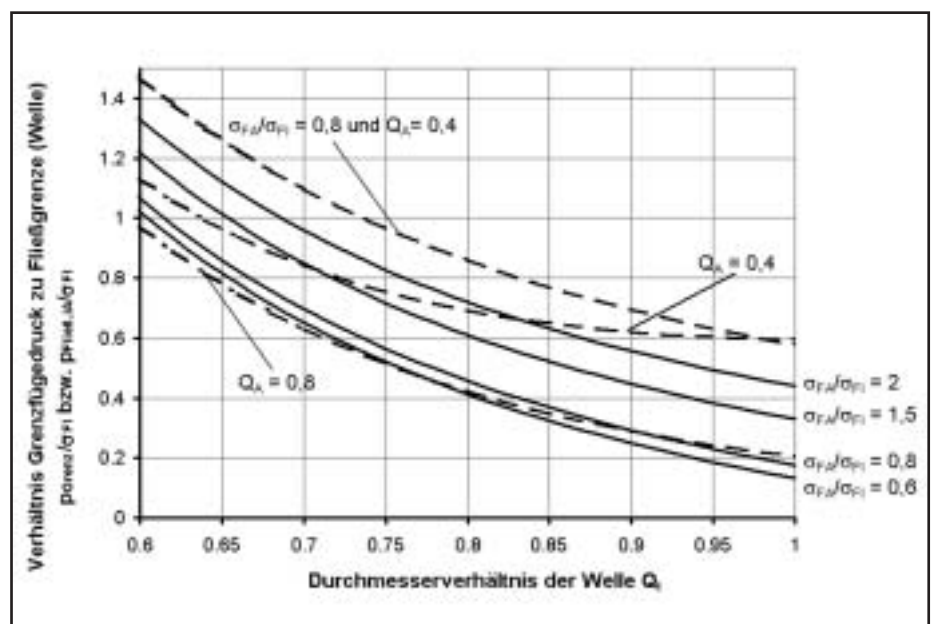


Bild 7: Streckgrenzenverhältnis und bezogener Grenzdruck in Abhängigkeit von der Welle-Nabe-Geometrie

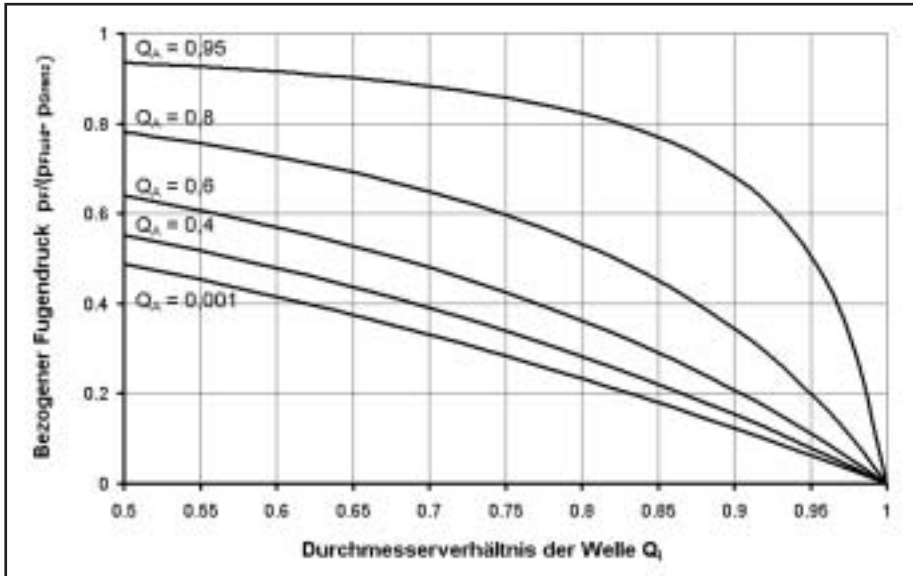


Bild 8: Bezogener Fugendruck in Abhängigkeit von der Welle-Nabe-Geometrie

die Vorhersage des entstehenden Passfugendrucks bei gegebenem Fügedruck oder die Vorhersage des Fügedruckes bei gefordertem Passfugendruck von besonderer Bedeutung. Bild 8 zeigt den bezogenen Fugendruck, der mit Hilfe von Dehnungsbeziehungen ermittelt werden kann, in starker Abhängigkeit der Welle-Nabe-Geometrie. Mit den Bildern 6 bis 8 ist somit die Berechnung einer innenhochdruckgefügtten Pressverbindung für ein E-Modulverhältnis $E_A/E_I = 1$ und $\nu = 0,3$ theoretisch möglich.

Betrachtet man den Passfugendruck in Abhängigkeit von der Wellenstreckgrenze (Bilder 6 und 8), so wird man feststellen, dass sich bei niedrigen Wellenstreckgrenzen gegenüber höheren Wellenstreckgrenzen stärkere Pressverbindungen ausbilden. Durch die geringere Wellenstreckgrenze vermindert sich das Rückfedungspotential der Welle. Die Welle-Nabe-Verbindung kann auf einem höheren Niveau ausgebildet werden. Dies bedeutet andererseits, dass bei konstant gehaltenem Passfugendruck der Fügedruck vermindert werden kann, was dann wiederum zu höheren Standzeiten der Dichtungen führt, also fertigungstechnisch interessanter ist.

Bei diesem elastischen Berechnungsmodell wird der Einfluss des Fugespiels aufgrund der getroffenen Annahmen nicht berücksichtigt. Diese Annahme ist berechtigt, solange sich die Welle im voll durchplastifizierten Zustand an die Nabe legt und ein idealplastisches Werkstoffverhalten angenommen wird. Die Drucküberstandslänge, also die axiale Positionierung der Sondendichtung unterhalb der Nabe, kann in einem rotationssymmetrischen ebenen Spannungszustand nicht berücksichtigt werden. Numerische Untersuchungen haben jedoch ergeben, dass sie einen entscheidenden Einfluss auf die Fugenpressungsbildung an den Randzo-

nen der Nabe haben (GARZKE 2001). Durch die gezielte Positionierung der Dichtungen können diese Einflüsse auf den jeweiligen Anwendungsfall günstig abgestimmt werden und zu einer Drehmomentensteigerung beitragen.

Anwendungen im Automobilbau

Seit wenigen Jahren wird diese neuartige Pressverbindung zur Herstellung gebauter Nockenwellen für Verbrennungsmotoren, Ausgleichswellen und für die Befestigung von Ketten- oder Riemenrädern angewendet (Prospekt DAIMLER-CHRYSLER). Bild 9 zeigt die Nockenwelle des Dreizylinder-Diesels (Smart). Dabei konnte eine Gewichtsreduzierung von etwa 50 % durch die

verfahrensbedingte Verwendung von Hohlwellen gegenüber konventionellen Pressverbindungen mit Vollwelle realisiert werden.

Zusammenfassung

Die Einsatzmöglichkeit innenhochdruckgefügtter Welle-Nabe-Verbindungen hat sich nicht nur im Apparatebau erfolgreich durchgesetzt, sondern beginnt insbesondere im Automobilbau stärker an Einfluss zu gewinnen. Dieses neuartige kraftschlüssige Maschinenelement überzeugt durch die Reduzierung des Fertigungs- und Montageaufwandes genauso wie durch die deutliche Gewichtseinsparung gegenüber herkömmlichen Produktionsverfahren und durch die Möglichkeit der individuellen Werkstoffauswahl. Dabei muss die Werkstoffpaarung grundsätzlich so eingestellt werden, dass für einen hohen Passfugendruck eine geringe Rückfederung der Welle (geringe Nachgiebigkeit und Streckgrenze) gegenüber einer hohen Rückfederung der Nabe (geringe Steifigkeit und hohe Streckgrenze) vorliegt.

*Dipl.-Ing. Torsten Grünendick
Institut für Maschinenwesen
Robert-Koch-Straße 32
38678 Clausthal-Zellerfeld
Tel.: 05323/72-3507
Fax: 05323/72-3501*



Bild 9: Innenhochdruckgefügte Nockenwelle für einen 3-Zylinder-CDI-Dieselmotor (Prospekt DAIMLER-CHRYSLER)

Halogennitrobutadiene

Wertvolle Molekülbausteine für die organische Synthesechemie

Von Viktor A. Zapol'skii und Dieter E. Kaufmann

Organohalogenverbindungen stellen eine wichtige Verbindungsklasse der organischen Chemie dar; sie finden breite Anwendung in sehr unterschiedlichen Bereichen. So werden sie eingesetzt als Wirkstoffe für Arzneimittel und den Pflanzenschutz, als Ausgangsmaterialien zur Herstellung von Polymeren und als Reinigungs- und Lösungsmittel. Viele hochchlorierte Verbindungen werden beim Ausbringen in die Umwelt nur sehr langsam abgebaut. Eine Reihe natürlich vorkommender organischer Halogenverbindungen sind Stoffwechselprodukte mariner und terrestrischer Organismen. Die große synthetische Bedeutung von Organohalogenverbindungen als wertvolle Molekülbausteine beruht auf der im Vergleich zum Kohlenstoff unterschiedlichen Elektronegativität der Halogene und damit einer stärkeren Polarität der C-Halogen- im Vergleich zur C-H-Bindung, die dadurch eine selektive Angreifbarkeit des Moleküls an dieser Stelle gestattet, z.B. zur Synthese von Metallorganika.

Während z. B. das Vinylchlorid als PVC- und das *p*-Dichlorbenzen als PPS-Vorläufer bereits seit langem wichtige industrielle Produkte sind, gibt es bisher erst wenige Untersuchungen zu Chemie und Eigenschaften von Halogenbutadienen. Das dürfte damit zusammenhängen, dass Halogenderivate von Alkenen eine deutlich geringere Reaktionsfähigkeit in nucleophilen Substitutionsreaktionen aufweisen als die entsprechenden Halogenalkane. Die Anzahl der halogenaktivierten Austauschpositionen lässt jedoch eine reiche, steuerbare Folgechemie erwarten, wenn es gelingt, zusätzlich eine selektiv aktivierende Gruppe in das Molekül einzuführen, die eine Veränderung in der Elektronendichteverteilung hervorruft und damit für die Bildung von aktiven Reaktionszentren im Substratmolekül verantwortlich ist. Einer der besten Aktivatoren ist die stark elektronenziehende Nitrogruppe. Aus diesem Grund sollten nitrosubstituierte Halogen-1,3-butadiene eine hohe Reaktionsfähigkeit besitzen und sich als aussichtsreiche, selektiv modifizierbare C₄-Molekülbausteine erweisen.

Strukturell gesehen befinden sich Halogennitrobutadiene zwischen den äußerst reaktionsfähigen Nitrobutadienen (NIKOLINSKI, SPASOW 1960; STARTSEV ET AL. 1988; BLOOM, MEL-LOR 1986), die instabil und leicht polymerisierbar sind, und dem chemisch wenig reaktiven, stabilen Hexachlorbutadien, das nur unter harten Bedingungen zur Reaktion zu bringen ist und dabei meist Produktmischungen ergibt

(PAINE 1984; MIZUNO, CAVA 1980; CHAMBERS ET AL. 1996; BOSMA ET AL. 1994) (**Bild 1**).

Die Synthese von Halogennitrobutadienen

Mit dem Ziel, einfache und damit kostengünstige Synthesewege für Halogenbutadiene und ihre Nitroderivate auszuarbeiten, wurden als Ausgangprodukte leicht zugängliche Dimere der industriellen Lösungsmittel 1,2-Dichlorethylen

und Trichlorethylen ausgewählt, die sich durch radikalische Dimerisierung dieser Chloralkene leicht herstellen lassen (KABERDIN, POTKIN 1991, 1994).

Es gelang, durch unterschiedliche Kombination der Reaktionsschritte Halogenierung, Dehydrohalogenierung und Dehalogenierung speziell unter Phasentransferkatalysierten Bedingungen die bisher unbekannten oder schwer zugänglichen Trichlor-, Tetrachlor-, Pentachlor-, Bromtrichlor-, Bromtetrachlor- und Dibromtrichlorbutadiene leicht und in guten Ausbeuten zu synthetisieren (ZAPOL'SKII ET AL. 1993; ZAPOL'SKII ET AL. 1994; KABERDIN ET AL. 1985; POTKIN ET AL. 1995). Bei der Nitrierung der Halogenbutadiene mit konzentrierter Salpetersäure oder Nitriergemischen mit Schwefel- oder Phosphorsäure erhält man die entsprechenden Halogennitrobutadiene in Ausbeuten von 20 bis 60% (ZAPOL'SKII ET AL. 1994; OL'DEKOPP, KABERDIN 1976) (**Bild 2**).

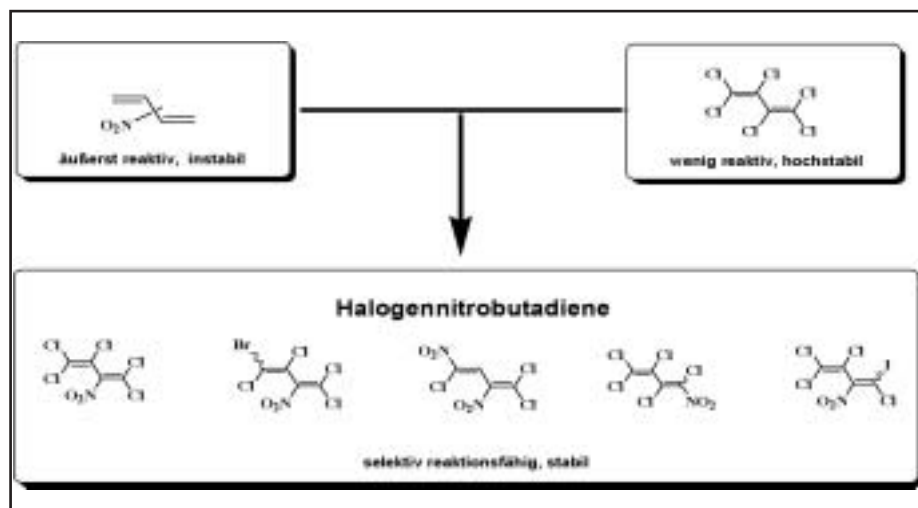


Bild 1: Gezielte Entwicklung eines Synthesebausteins

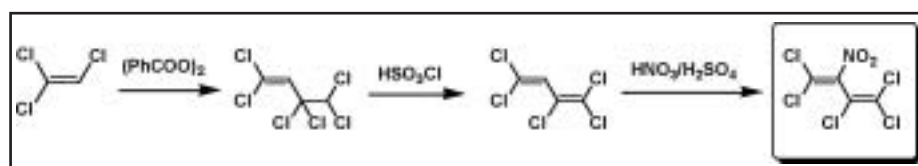


Bild 2: Synthese von 2-Nitroperchlorbutadien

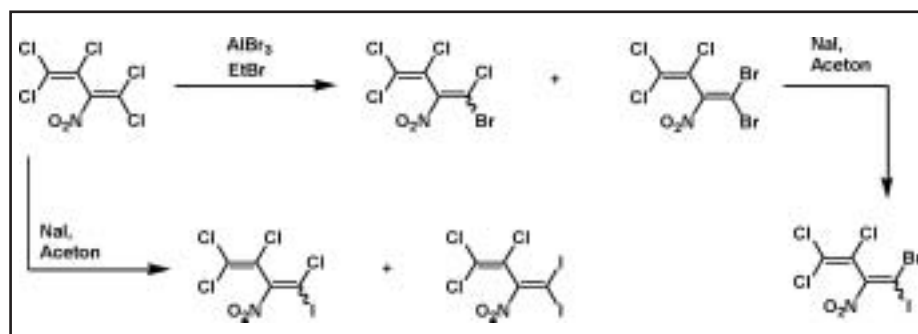


Bild 3: Halogenaustauschreaktionen an Nitropentachlorbutadien

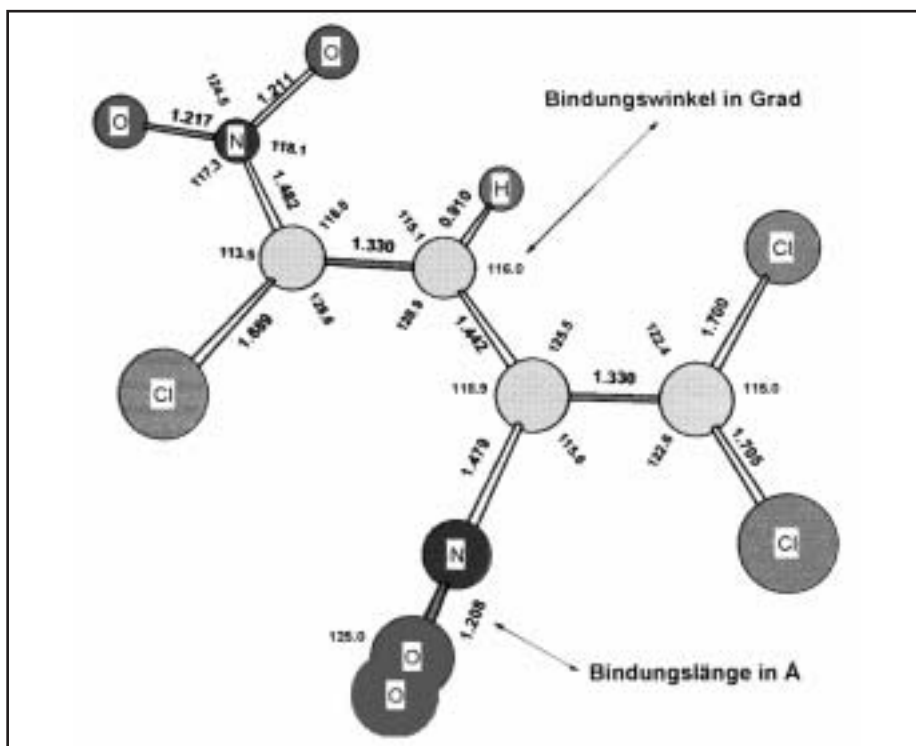


Bild 4: Röntgenstrukturanalyse des 1,3-Dinitro-1,4,4-trichlor-1,3-butadiens

Durch Halogenaustauschreaktionen mit wasserfreiem Aluminiumbromid oder Natriumiodid ist es möglich, aus 2-Nitroperchlorbutadien gemischte Brom-, Chlor- und Iodnitrobutadiene zu synthetisieren (KABERDIN ET AL. 1997) (**Bild 3**) und damit in den Folgereaktionen noch höhere Selektivitäten zu erzielen.

Chemische Eigenschaften der Nitrohalogenbutadiene

Mit dem Ziel, das chemische Verhalten von Nitrohalogenbutadienen zu erklären, wurden quantenchemische Berechnungen (MINDO/3) ihrer Molekülgeometrie und elektronischen Struktur durchgeführt (KOKOREV ET AL. 1989). Danach liegt das 1,3-Dinitro-1,4,4-trichlor-1,3-butadien-Molekül in der Gasphase in der *s-trans*-Konformation mit einem Torsionswinkel von $142,8^\circ$ vor (Z-Isomer). Die wichtigsten geometrischen Parameter dieses Diens, die parallel experimentell aus einer Röntgenstrukturanalyse (**Bild 4**) gewonnen wurden, befinden sich in guter Übereinstimmung mit den berechneten Werten (POTKIN ET AL. 1995).

Im 2-Nitroperchlorbutadien ergibt sich laut Rechnung eine besonders niedrige Elektronendichte am endständigen C-Atom der Nitrodichlorvinylgruppe, das damit der primäre Angriffsort von (weichen) Nucleophilen sein sollte.

Cycloadditions-Reaktionen

Einige klassische chlororganische Insektizide wie das Aldrin werden durch Diels-Alder-Reaktionen von Perchlorcyclopentadien synthetisiert,

wobei die Einführung einer Nitrogruppe in das Molekül häufig zu einer Steigerung der Aktivität führt. Aus sterischen und elektronischen Gründen sind die Chlornitrobutadiene nicht mehr zu Dienreaktionen fähig; dagegen kann das 1,3-Dinitro-1,4,4-trichlor-1,3-butadien als Dienophil in regio- und stereoselektiven [4+2]-Cycloadditionen mit 2,3-Dimethylbutadien bzw. Cyclopentadien eingesetzt werden (**Bild 5**).

Heterocyclen-Synthesen durch Reaktionen mit Bis-nucleophilen

Aus den Ergebnissen der quantenchemischen Berechnungen geht hervor, dass Halogennitrobutadiene in nucleophilen Substitutionsreaktionen regioselektiv angreifbar sein sollten. Tatsächlich stellt die Reaktion zwischen diesen Nitrodienen und O,N-, O,S-, S,S-, N,S- und N,N-Bis-nucleophilen einen allgemeinen Weg für die Synthese von Fünf- und Sechsringheterocyclen dar: Imidazolidin-, Oxazolidin-, Thiazolidin-, Oxathiolan-, Dithiolan-, Dithian-, Thiazinan-, Hexahydropyrimidin-, Benzimidazolin-, Benzoxazolin-, Benzthiazolin- und Benzdithiol-Derivate wurden in guten Ausbeuten synthetisiert (**Bild 6**) (KABERDIN ET AL. 1997; KOKOREV ET AL. 1989).

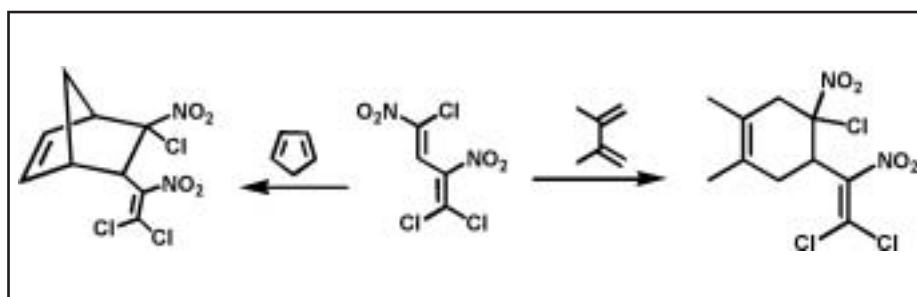


Bild 5: Cycloadditionsreaktionen des 1,3-Dinitro-1,4,4-trichlor-1,3-butadiens

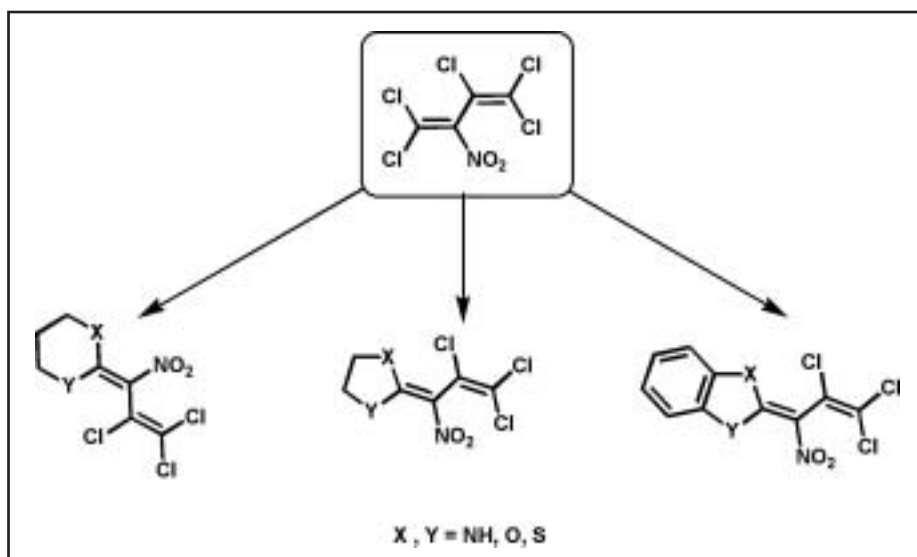


Bild 6: Heterocyclensynthese durch nucleophile Substitutionsreaktionen

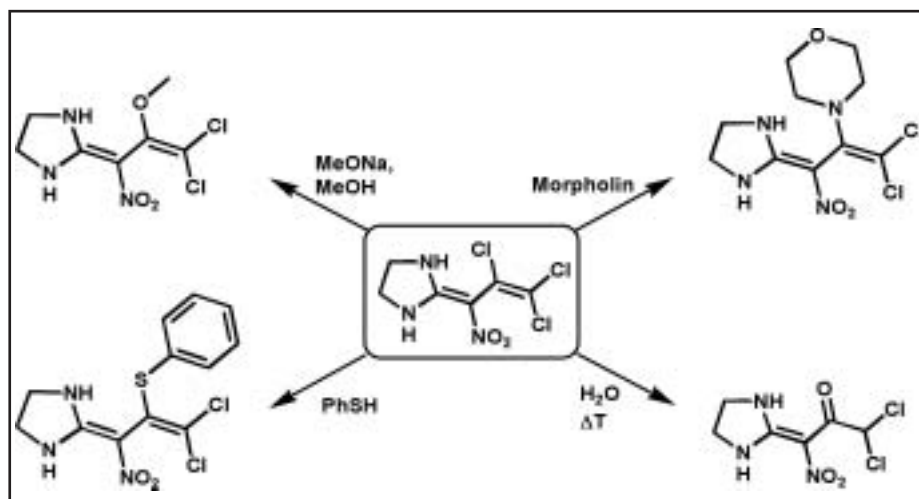


Bild 7: Folgeumwandlung der Trichlorvinylgruppe

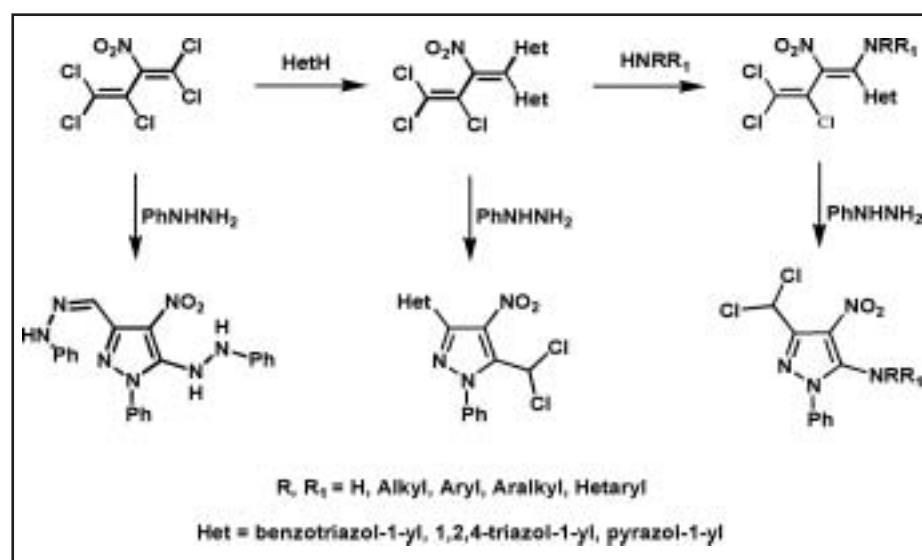


Bild 8: Darstellung von Aminonitropyrzolen

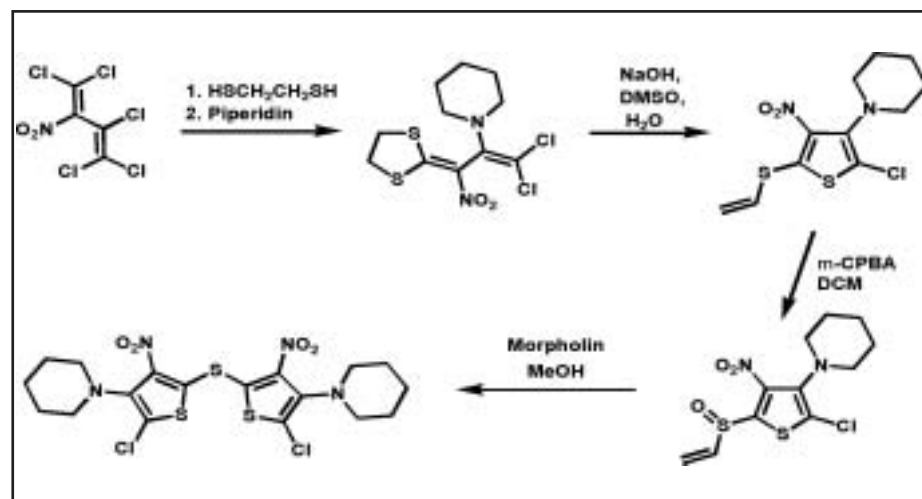


Bild 9: Synthese tetrasubstituierter Thiophene

Die angewandte Bedeutung der Heterocyclenchemie ist überaus groß. Heterocyclische Verbindungen sind als Pharmaka, in Pflanzenschutzmitteln und in der Veterinärmedizin stark verbreitet. Darüber hinaus werden sie z. B. als optische Aufheller, als Antioxidantien und Korrosionsinhibitoren eingesetzt. Viele Farbstoffe und Pigmente enthalten ebenfalls heterocyclische Strukturen. In der Natur stellt ein Heterocyclus häufig die Schlüsselverbindung biochemischer Prozesse dar, z. B. der Energiespeicherung. Zunehmend finden heterocyclische Verbindungen ebenfalls Anwendung als Zwischenprodukte in organischen Synthesen.

Die in **Bild 6** dargestellten Verbindungsklassen decken einen weiten Bereich biologischer Aktivitäten ab. Die Folgereaktionen dieser Heterocyclen mit S-, O- oder N-*mono*-nucleophilen Reagenzien verlaufen unter regioselektiver Substitution an der Trichlorvinylgruppe. Durch Aminierung sind derart z. B. hoch wirksame, aber natürlich leicht abbaubare Insektizide zugänglich (KAUFMANN, ZAPOL'SKII 2001). Unter Hydrolysebedingungen ist die Umwandlung in einen interessanten Synthesebaustein, ein ungesättigtes Dichlormethylketon möglich (**Bild 7**).

Intramolekulare Cyclisierung unter Heteroaromatisierung: Neue Synthesewege für

Pyrazole

Auf der Grundlage von 2-Nitropentachlor-1,3-butadien wurde eine neue, vielfältig anwendbare Methode für die Synthese von 4-Nitropyrzolen, die zusätzliche funktionelle Gruppen enthalten, entwickelt (ZAPOL'SKII, KAUFMANN 2002). Bei der Reaktion dieses Diens bzw. seiner geminalen Substitutionsprodukte (**Bild 6**) mit Phenylhydrazinen in Methanol wurden 1-Phenyl-4-nitropyrzole-Derivate mit guten Ausbeuten (40-70%) erhalten (**Bild 8**). Pyrazol-Derivate spielen eine wichtige Rolle als Wirkstoffe in Arzneimitteln, als Bestandteil gelber Farbstoffe und als selektive Komplexbildner von Übergangsmetall-Ionen.

Thiophene

Durch Umsetzung eines an der Seitengruppe funktionalisierten 1,3-Dithiolans mit sekundären Aminen bilden sich in guten Ausbeuten die entsprechenden Aminodithiolan-Derivate. Bei der anschließenden Reaktion mit verdünnter Natronlauge in Dimethylsulfoxid fragmentiert der Dithiolanring unter Enthiolbildung, gefolgt von einer intramolekularen nucleophilen Substitutionsreaktion unter Bildung vierfach funktionalisierter Thiophene. Diese Reaktion stellt einen neuen Syntheseweg für diesen wichtigen Heteroaromatentyp dar. Durch selektive Oxidation des Schwefels gelingt die Aktivierung der Vinylgruppe und eröffnet damit einen Weg für weitere Derivatisierungen (**Bild 9**).

Thiophene kommen im tierischen Metabolismus nicht vor. Das Interesse der Wirkstoff- ▶

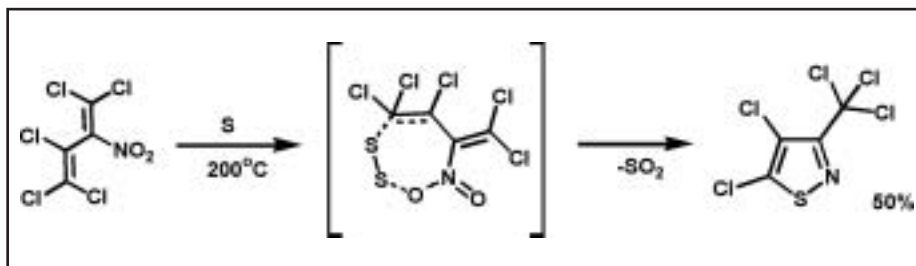


Bild 10: Neue Synthese von Isothiazol-Derivaten

Chemiker an Thiophen-Derivaten wurde jedoch durch den Nachweis von Thiophenen in Pilzen und höheren Pflanzen geweckt. Thiophene haben Bedeutung als Bestandteile von Pharmazeutika und Farbstoffen.

Isothiazole

Es ist bekannt, dass sich bei der Reaktion von Halogenbutadienen mit elementarem Schwefel Halogenthioephene bilden (GEERING 1959). Die Einwirkung von Schwefel auf 2-Nitropentachlorbutadien verläuft dagegen ganz anders und führt zur Bildung eines Isothiazol-Derivats. Dieser ungewöhnliche Reaktionsverlauf ist mit dem besonderen elektronischen und strukturellen Aufbau des 2-Nitropentachlorbutadiens zu erklären. Berechnungen zeigen, dass die Atome C-4 und N räumlich näher beieinander liegen als C-4 und C-1. Am Anfang dürfte der Angriff eines unter den Reaktionsbedingungen (200°C) vorliegenden Dischwefel-Biradikals auf das Atom C-4 stehen, gefolgt von einer Wechselwirkung mit dem Sauerstoff der Nitrogruppe, Reduktion unter SO₂-Abspaltung, S,N-Cyclisierung und Isomerisierung (**Bild 10**).

Das derart synthetisierte Isothiazol-Derivat ist ein wertvolles Ausgangsmaterial für die Synthese vieler, auf andere Weise nur schwer zugänglicher Isothiazolderivate (KABERDIN ET AL.

1997) wie die 4,5-Dichlorisothiazol-3-carbonsäure. Ähnlich wie Benzimidazole zeigen viele Isothiazol-Derivate ein breites Spektrum biologischer Aktivität in den Bereichen Pharmazie und Pflanzenschutz.

Zusammenfassung

In diesem Artikel konnte anhand ausgewählter Synthesebeispiele gezeigt werden, dass die leicht zugänglichen Nitrohalogenbutadiene interessante und breit einsetzbare Molekülbausteine darstellen zum stufenweisen, selektiven Aufbau heterocyclischer Schlüssel-moleküle und bioaktiver Wirkstoffe.

Auf Wunsch können über die Verfasser die vollständigen Literaturangaben bezogen werden (Anm. d. Red.).

Prof. Dr. rer. nat. habil. Dieter E. Kaufmann
Institut für Organische Chemie
Leibnizstraße 6
38678 Clausthal-Zellerfeld
Tel.: 05323/72-2027
Fax: 05323/72-2839
E-Mail: dieter.kaufmann@tu-clausthal.de
<http://www.ioc.tu-clausthal.de>

Anzeige

Wer schnell nach oben will, braucht ein Finanzkonzept ohne Geschwindigkeitsbeschränkung.

MLP Geschäftsstelle Clausthal-Zellerfeld I Unser intelligentes Private Finance-Konzept geht jedes Entwicklungs-
Kronenplatz 14 tempo mühelos mit. Dafür sorgen unsere Berater, die sich auf die
38678 Clausthal-Zellerfeld Betreuung von jeweils etwa 200 Kunden konzentrieren, und unsere
Telefon: 0 53 23/98 24-0 informative Internetplattform.
Fax: 0 53 23/98 24-24 Trainieren von Vorstellungsgesprächen, Karriereseminar für werdende
E-Mail: clausthal-zellerfeld1@mlp-ag.com Akademiker, Assessmentcentertraining.

MLP PRIVATE FINANCE



Hochgradige plastische Verformung

Ein Weg zu verbesserten Werkstoffen

Von Juri Estrin, Ralph Hellmig und Seung Chul Baik

In einem Zeitalter, das ganz im Zeichen von Nanotechnologien steht, gehen die Bestrebungen der Forscher dahin, möglichst fein strukturierte Werkstoffe zu entwickeln, von denen man besondere Eigenschaften erwartet. Meistens geschieht dies durch Erzeugung von feinsten Pulvern mit der Teilchengröße unter einem Mikrometer. Zur Herstellung von massiven Bauteilen müssen diese Pulver dann konsolidiert werden.

Ein wesentlicher Nachteil solcher Verfahren ist die kaum vermeidbare Restporosität sowie die über Kontamination von Pulverteilchen eingebrachten Verunreinigungen im Material. Das volle Eigenschaftspotential eines feinstrukturierten Materials kann dabei gar nicht zum Tragen kommen.

Ein in jüngster Zeit von vielen favorisiertes Verfahren zur Herstellung von massiven ultrafeinkörnigen Werkstoffen, die frei von solchen

Defekten sind, basiert auf hochgradiger plastischer Verformung (**Severe Plastic Deformation, SPD**). Die dabei erreichbaren plastischen Verformungen von mehreren hundert Prozent verdienen wahrlich diese Bezeichnung. Auf diese Weise gelingt es, dichte massive Proben oder Werkstücke herzustellen, deren Gefüge zwar nicht ganz auf der Nanometerskala, jedoch deutlich unterhalb der Mikrometerskala liegt. Verbunden damit sind veränderte mechanische und phy- ►

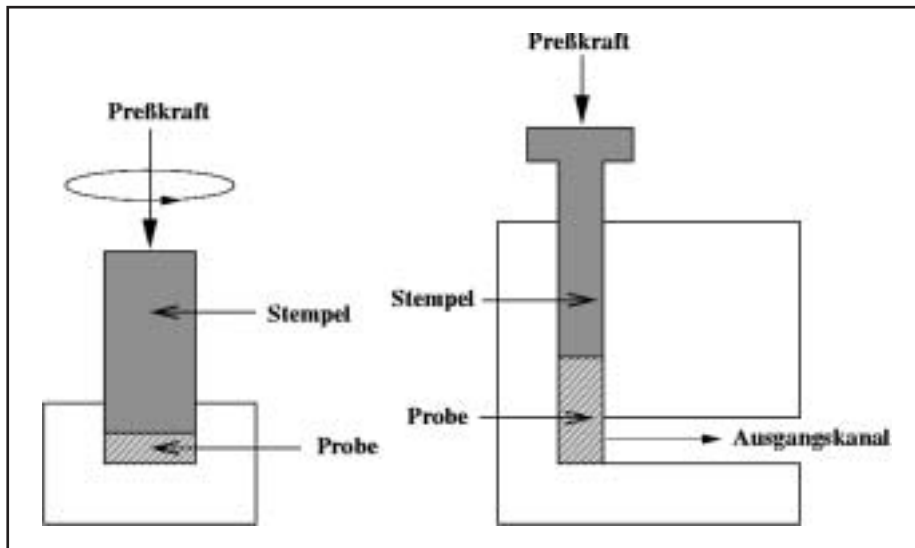


Bild 1: Gängige SPD-Verfahren: links HPTS, rechts ECAP

sikalische Eigenschaften gegenüber dem grobkörnigen Material.

Zu den wichtigsten Änderungen physikalischer Eigenschaften gehören eine Erniedrigung der Curie- und Debye-Temperatur sowie verbesserte Hystereseeigenschaften in hartmagnetischen Werkstoffen. Auch die Diffusion wird drastisch verändert. So nimmt beispielsweise der Diffusionskoeffizient von Kupfer in hochgradig verformtem Nickel um sechs Zehnerpotenzen zu. Besonders stark werden die mechanischen Eigenschaften beeinflusst.

Ganz signifikant dabei ist die Steigerung der Streckgrenze, was die Möglichkeit zur Herstellung hochfester Werkstoffe eröffnet. Des Weiteren verfügen diese Materialien zum Teil über hervorragende superplastische Verformbarkeit bei relativ niedrigen Temperaturen und recht hohen Verformungsgeschwindigkeiten – eine Eigenschaft, die bei der Metallumformung erwünscht ist. Durch hochgradige plastische Verformung können auch Werkstoffe mit verbessertem Ermüdungs- und Kriechverhalten hergestellt werden.

Grundlagen der hochgradigen plastischen Verformung

Die Verfahren, die hochgradige Verformung ermöglichen, sind in der Grundidee relativ simpel, was ihren enorm großen Zuspruch bei den Forschern erklärt. Die gängigsten davon sind ECAP (Equal Channel Angular Pressing) und HPTS (High Pressure Torsion Straining). Bei letztgenanntem Verfahren (s. **Bild 1**) werden scheibenförmige Proben mit einem Durchmesser von 12 bis 20 mm und Dicken von 0,2 bis 2 mm gleichzeitig sowohl hohem hydrostatischem Druck als auch einer starken Torsionsbeanspruchung ausgesetzt. Der über den Stempel aufge-

brachte Druck liegt im Bereich von 5 bis 10 GPa. Starke Reibungskräfte werden durch das Drehen des Stempels bei hohem Druck induziert; es kommt zu einer Scherverformung der Probe. Das Verfahren ermöglicht die Herstellung von ultrafeinkörnigen Werkstoffen mit Korngrößen von 50 bis 100 nm. Als nachteilig erweist sich jedoch die geringe Probengröße, so daß HPTS-verformte Werkstücke überwiegend zum Studium ihrer interessanten physikalischen Eigenschaften verwendet werden.

ECAP dagegen ermöglicht die Herstellung deutlich größerer Proben und verfügt daher über das Potential einer weitreichenden industriellen Anwendbarkeit. Bei ECAP (**Bild 1**) wird das Werkstück in einer Pressmatrize durch einen gewinkelten Kanal gedrückt. In der Ebene, in der sich die beiden Kanalhälften treffen, erfährt das Werkstück eine starke Scherverformung, welche die Ursache für die Kornfeinung und die damit verbundenen physikalischen und mechanischen Eigenschaftsänderungen ist. Die Umformung eines Werkstücks kann im Falle von ECAP mehrfach wiederholt werden, da es nach dem Verlassen der Pressmatrize die gleichen Querschnittsdimensionen aufweist. So kann eine extrem hohe Verformung in das Material eingebracht werden.

Da die Proben wieder dem Eingangskanal zugeführt werden können, hat man die Freiheit, sie vor der Durchführung des folgenden Pressvorgangs zu drehen. So können verschiedene Pfade der Verformung verfolgt werden (s. **Bild 2**). Man unterscheidet zwischen den Routen A, B und C. Bei der Route A wird das Werkstück ohne Drehung in derselben Orientierung in den Kanal wieder eingefügt, in der es diesen verlassen hat. Bei der Route B wird die Probe um 90° um die Längsachse gedreht. Man unterscheidet dabei zwei Varianten: bei der einen (B_A) wird die Drehrichtung nach jedem Durchgang umgekehrt, bei der anderen (B_C) konstant gehalten. Bei der Route C dagegen wird das Werkstück nach jedem Durchgang um 180° um die Längsachse gedreht. Diese verschiedenen Prozessrouten bedingen unterschiedliche Scherebenen ►

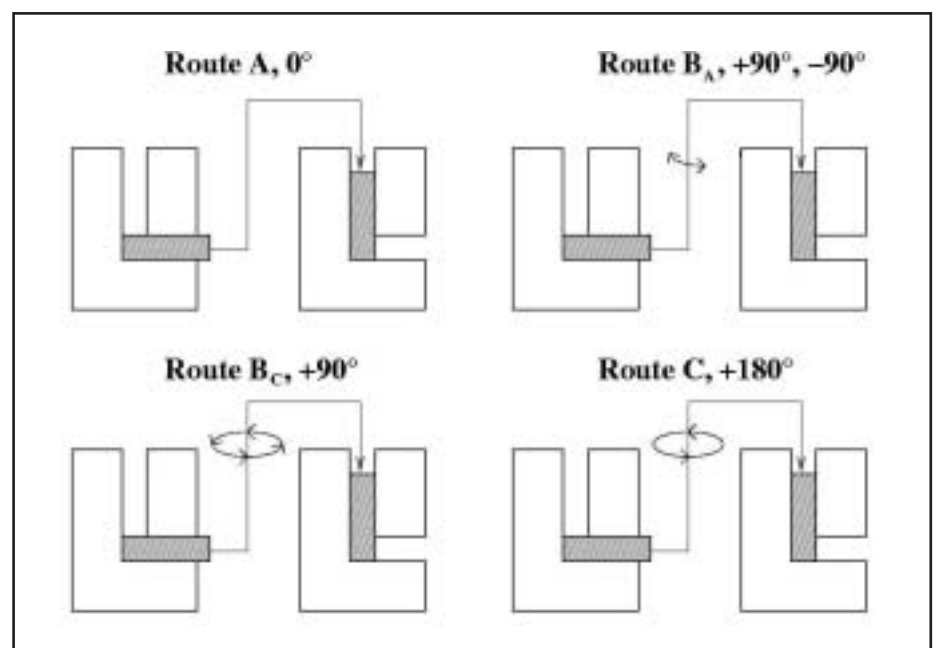


Bild 2: Die verschiedenen ECAP-Prozessrouten

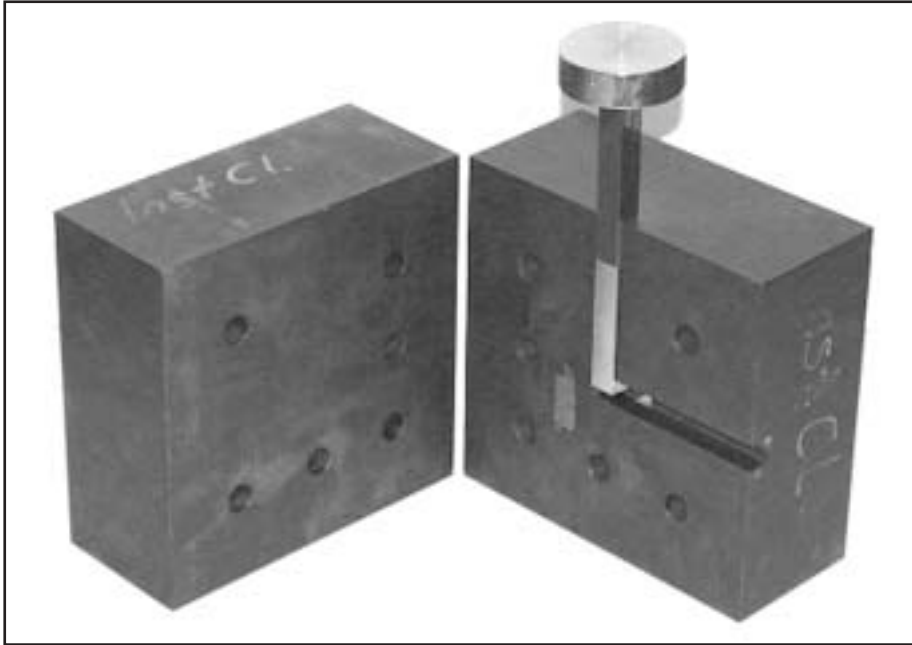


Bild 3: Die geöffnete ECAP-Matrize mit Kupferprobe

bei den verschiedenen ECAP-Durchgängen, was zu einer unterschiedlichen Ausprägung der sich einstellenden Kornstruktur führt. Es wurde festgestellt, dass die Route B_c , bei der die Drehrichtung beibehalten wird, zu einer schnellen Kornfeinung mit einer äquiaxialen Kornstruktur führt. Aber auch über die Route C wird eine schnelle Kornfeinung erreicht, so dass diesen beiden Routen die meiste Aufmerksamkeit zuteil wird. Trotz scheinbarer Einfachheit dieser Methode gibt es bei einer konkreten Realisierung der Grundidee nicht wenige technische Probleme, die aber mit dem am Institut für Werkstoffkunde und Werkstofftechnik (IWW) verwendeten Design der ECAP-Vorrichtung bewältigt werden konnten.

Hier wurde eine ECAP-Matrize entwickelt, welche in einer Universalprüfmaschine (INSTRON 8502) eingebaut werden kann. Die INSTRON ist zur Steuerung der Prozessparameter geeignet. Die Pressmatrize ist derart zweiteilig konstruiert, dass sich der ECAP-Kanal vollständig in einer Hälfte der Matrize befindet (Bild 3). Die Matrize wird verschraubt und mit einer äußeren Klammer versehen, um den auftretenden Kräften widerstehen zu können und ein Öffnen im Betrieb zu vermeiden. Der so zur Verfügung stehende Aufbau wird bei Raumtemperatur betrieben. Bis dato wurden Versuche an verschiedenen metallischen Werkstoffen durchgeführt, darunter Kupfer, Aluminium und Stahl, sowie Testexperimente an einer Magnesium-Scandium-Legierung.

Experimentelle Ergebnisse und Simulation

Kupferproben mit einer Reinheit von 99,95% wurden mit der oben beschriebenen Apparatur verformt. Die Probendimensionen in der verwendeten Testvorrichtung sind $12 \times 12 \times 60 \text{ mm}^3$, die Stempelgeschwindigkeit beim Pressen beträgt typischerweise 8 mm/min . Um die Reibung zwischen Kanal und Probe bzw. Pressstempel gering zu halten, wird der Kanal mit Molybdändisulfid geschmiert.

Bereits nach einem Durchgang durch die Pressmatrize zeigt sich eine deutliche Auswirkung auf die mechanischen Eigenschaften. Theoretisch hat die bei einem Pressdurchgang in die Probe eingebrachte Scherverformung γ bei dem abgebildeten Presswerkzeug einen Betrag von 100%, was bereits einer beträchtlichen Umformung entspricht. Ein Vielfaches davon wird nach mehreren ECAP-Durchgängen erreicht. Bild 4 zeigt die Zugfestigkeit von ECAP-verformten Kupferproben in Abhängigkeit des Verformungsgrades. Man erkennt, daß sich bereits nach dem ersten ECAP-Durchgang fast die maximale Festigkeit einstellt. Im Falle von Kupfer scheint sich eine Sättigung der Zugfestigkeit einzustellen. Ein ähnliches Resultat erhält man aus transmissionselektronenmikroskopischen (TEM) Untersuchungen. Auch dort zeigt sich nach einem einmaligen Durchgang durch die Pressmatrize eine deutliche Kornfeinung. Es kommt zunächst zur Fragmentierung von Körnern durch Bildung von Zellen bzw. Subkörnern. Sie sind getrennt durch Zellwände, zu denen sich die durch starke plastische Verformung induzierten Versetzungen formieren. Diese zellartige Struktur hat nach dem ersten ECAP-Durchgang bereits eine mittlere Zellgröße von etwa 200 nm . Die Zellen unterscheiden sich in ihrer Ausrichtung zunächst nicht sehr stark voneinander, lediglich um ein paar Grad. Durch das Einbringen weiterer Scherverformung kommt es zu größeren Misorientierungen, d.h. zur Bildung von Großwinkelkorngrenzen, so dass man dann von einer ultrafeinen Kornstruktur sprechen kann. Bei wenigen ECAP-Durchgängen geht die erhöhte Zugfestigkeit mit einer Einbuße der Raumtemperatur-Duktilität einher, was dadurch zu erklären ist, dass überwiegend Zellen (Subkörner) vorliegen und der Anteil der ▶

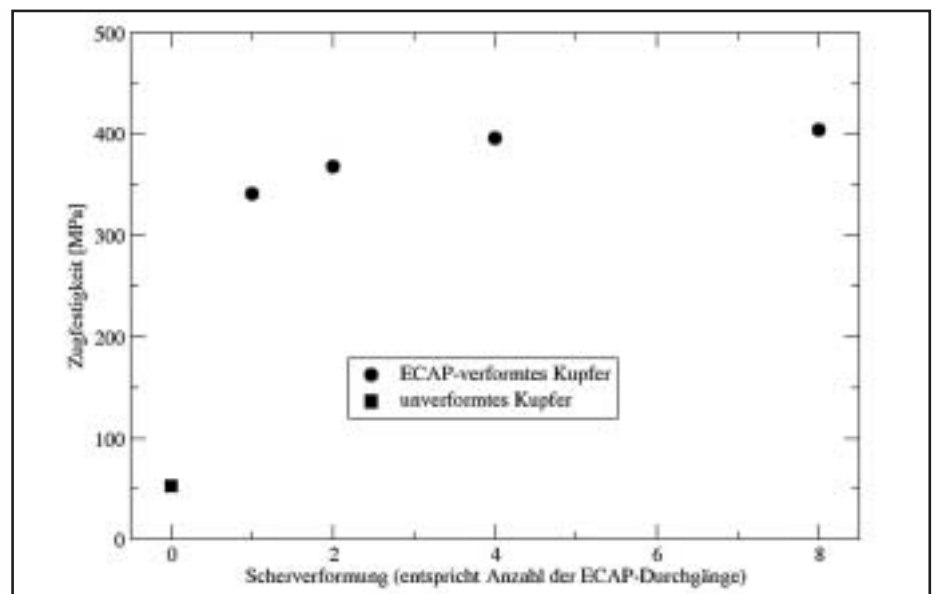


Bild 4: Zugfestigkeit von ECAP-Kupfer, Route C

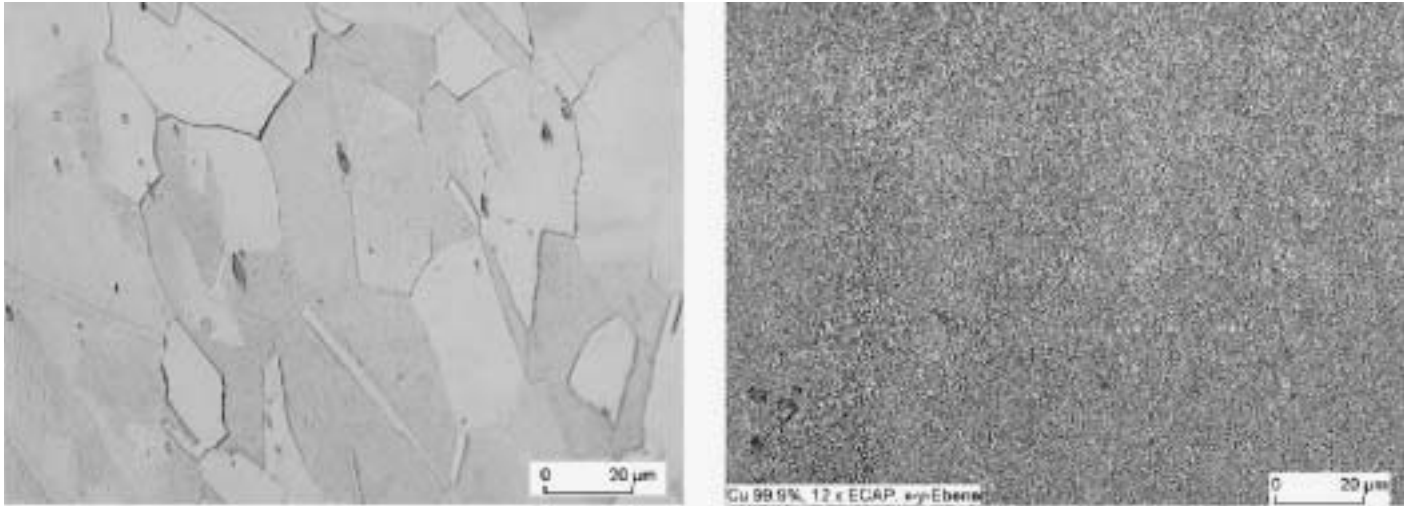


Bild 5: Lichtmikroskopische Aufnahmen: von unverformtem Kupfer (links) und ECAP-verformtem Kupfer (rechts)

Großwinkelkorngrenzen noch gering ist. Bei 16 ECAP-Durchgängen wurde ein Anstieg der Duktilität beobachtet; das Material verfügte bei einer deutlich erhöhten Festigkeit (vergleichbar mit den Werten in **Bild 4**) über eine annähernd gleiche Bruchdehnung wie unverformtes Kupfer. Die beobachtete Zellgröße ändert sich kaum mit zunehmendem Verformungsgrad, so dass lediglich die Orientierungsänderung der Subkörner und später Körner zueinander, also die Evolution der Textur dieser Materialien, die Entwicklung der mechanischen Eigenschaften bestimmt. Einen deutlichen Eindruck der auftretenden Kornfeinung kann man schon durch lichtmikroskopische Untersuchungen gewinnen. **Bild 5** zeigt lichtmikroskopische Aufnahmen der Oberflächen von unverformtem und ECAP-verformtem Kupfer. Die Probe wurde 12 mal nach der Route B_C gepresst. Man erkennt ein äußerst feinstrukturiertes Gefüge; die mittlere Zellgröße beträgt auch hier etwa 200 nm, was mit TEM-Untersuchungen nachgewiesen wurde.

Die experimentellen Arbeiten gehen mit theoretischen Überlegungen und den damit verbundenen Simulationsrechnungen Hand in Hand. So ist es möglich, den Einfluss der ECAP-Verformung auf die mechanischen Eigenschaften und die damit verbundenen mikrostrukturellen Änderungen, auch in Abhängigkeit von der Prozessroute, vorherzusagen. Dieses geht mit der Entwicklung leistungsfähiger Werkstoffmodelle einher. Eine erfolgreiche Modellbildung gelingt mit einem konstitutiven Modell, welches die Kaltverfestigung polykristalliner Materialien beschreibt, die zur Bildung von Zellstruktur neigen. Dieses Modell, in dem zwischen Versetzungen in den Zellwänden und im Zellinneren unterschieden wird, gilt insbesondere für den Fall großer Verformungen. Die konstitutive Beschreibung basiert auf den klassischen Modellen von *KOCKS* und *MECKING* sowie den Erweiterungen durch *TOTH*, *MOLINARI* und

ESTRIN. Das Modell wurde in das Softwarepaket ABAQUS implementiert und zur Simulation des Werkstoffverhaltens verwendet. Neben den mechanischen Eigenschaften der verformten Werkstoffe erhält man auch Informationen über die Änderungen der Versetzungsdichten und Zellgrößen sowie über die Texturentwicklung. Ebenfalls kann die Verformungsverteilung innerhalb der Probe auf diese Weise berechnet werden. Eine der Ursachen für leichte Inhomogenitäten in der Verformungsverteilung innerhalb eines Werkstücks liegt darin, dass es beim Scheren der Probe in der Matrize nicht unbedingt zu einer vollständigen Füllung des ECAP-Kanals kommt; es kann sich eine Lücke direkt im Winkel zwischen den beiden Kanälen an der unteren Seite ausbilden. Die Größe der Lücke hängt

neben der Geometrie der Pressmatrize auch vom Verfestigungsverhalten der Probe ab: Eine höhere Verfestigungsrate führt zur Bildung einer größeren Lücke. Da die Verfestigungsrate mit zunehmender akkumulierter Scherverformung abnimmt, wird dieser Effekt bei mehreren Pressungen zunehmend geringer, so dass dann der Einfluss der Kanalgeometrie stärker zum Tragen kommt. Rechnungen wurden inzwischen für Kupfer, Aluminium und kohlenstoffarmen Stahl durchgeführt, begleitet von vergleichenden Experimenten an diesen Werkstoffen.

Ein weiteres Beispiel ist die ECAP-Verformung von Stahl. Als Testsystem wurde ein kohlenstoffarmer Stahl verwendet, welcher ebenfalls eine deutliche Kornfeinung aufweist. Bereits nach zwei ECAP-Durchgängen hat sich eine ►

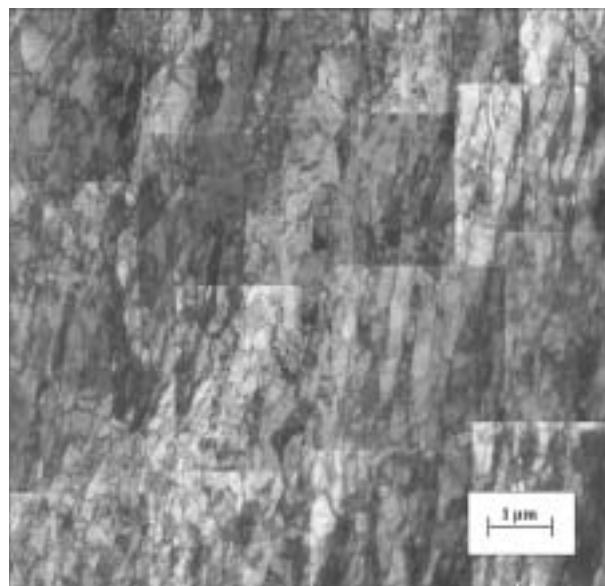


Bild 6: TEM-Collage eines ECAP-verformten kohlenstoffarmen Stahls (zwei Durchgänge, Route A)

mittlere Zellgröße von etwa 200 nm eingestellt. Eine Collage aus mehreren TEM-Aufnahmen einer nach Route A verformten Probe zeigt Bild 6.

Auch bei diesem Werkstoff gelang es, mit dem angewandten Modell eine sehr gute Übereinstimmung von Experiment und Simulation zu erzielen. Dies betrifft sowohl die mechanischen Eigenschaften, als auch die Mikrostruktur und die Texturentwicklung. **Bild 7** zeigt einen Vergleich zwischen einer experimentell ermittelten Polfigur eines kohlenstoffarmen Stahls (ECAP, zwei Pressungen, Route A) und den aus der Simulation gewonnenen Daten. Es zeigt sich auch hier eine gute Vorhersagefähigkeit des am IWW entwickelten Modells. Die im Bild verwendeten Bezeichnungen ED (Extrusion Direction) und TD (Transverse Direction) beschreiben die Richtungen in der Probe. Die Polfiguren beziehen sich auf die von diesen Vektoren aufgespannte Ebene, welche einer Betrachtung der herausgepressten Probe von oben entspricht. Es zeigt sich, dass die simulierten Polfiguren nicht symmetrisch bezüglich der Querrichtung (TD) sind, wohl aber bezüglich der Preßrichtung (ED). Solche asymmetrischen Polfiguren werden auch in anderen scherverformten Materialien gefunden, so zum Beispiel bei Torsion oder asymmetrischem Walzen. Eine für Scherverformung typische Textur wird zunächst in ECAP-verformtem Material erwartet. Die ideale Verformungstextur für Scherung, $\{112\}\langle 111 \rangle$ und $\{110\}\langle 001 \rangle$, wird unter anderem bei Torsionsversuchen erreicht. Für den ersten ECAP-Durchgang werden die Komponenten $(110)[001]$ und $(112)[111]$ in den Polfiguren gefunden. Dennoch sind die großen Intensitätsmaxima nicht exakt an der Position für die ideale Scherverformung. Nach vier ECAP-Durchgängen wird die Vorzugsorientierung $\{145\}\langle 321 \rangle$ nachgewiesen, was sicher nicht der idealen Scherverformungstextur entspricht. Eine Ursache für die Abweichung der Texturkomponenten von der idealen Scherverformung kann durch das Vorhandensein von ebenen Verzerrungszuständen beim ECAP erklärt werden. Da die plastische Verformung innerhalb der Probe variiert, ergibt sich eine entsprechende Ortsabhängigkeit der Textur. Auch dieser Effekt wird vom Modell richtig erfasst.

Anwendungen und Ausblick

Das Anwendungspotential der oben beschriebenen Verfahren ergibt sich aus den neuen Eigenschaften hochgradig verformter metallischer Werkstoffe, wobei die Möglichkeiten noch lange nicht ausgereizt sind. Wie bereits erwähnt, zeichnen sich ECAP-verformte Werkstoffe durch eine hohe Festigkeit bei guter Duktilität und in manchen Fällen auch durch superplastische Eigenschaften aus. Des weiteren ist es möglich, ECAP in bestehende Prozessketten einzubauen, so daß Walzen, Schmieden, Biegen etc. folgen könnte. Soweit die Strukturstabilität bei erhöhter Tem-

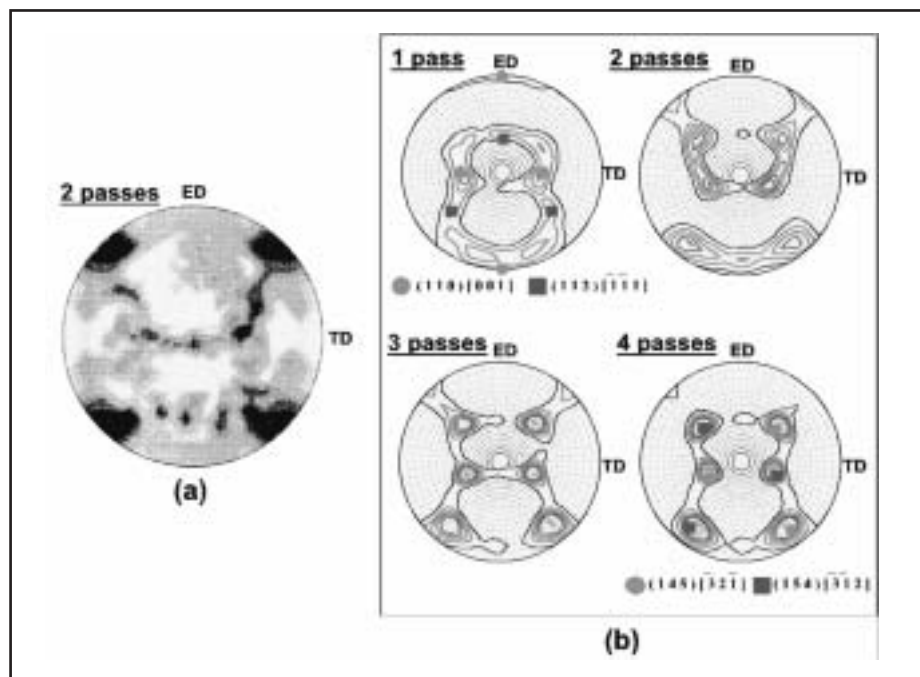


Bild 7: (200) Polfiguren: links gemessen für 2 x ECAP Route A, rechts die zugehörige Simulation

peratur gewährleistet ist, bieten sich derartig bearbeitete Werkstoffe auch für Anwendungen in Motorkomponenten an. Weitere Einsatzmöglichkeiten im Automobilbau, wie etwa für Crashelemente oder für Teile des Lenkungssystems, wären ebenfalls denkbar. Das IWW arbeitet daran, zu untersuchen, wie dank der Kornfeinung durch ECAP möglicherweise die Wassertoffspeicherkapazität derjenigen Werkstoffe erhöht werden kann, die als Kandidaten für Anwendungen in transportablen Brennstoffzellen gelten. An HPTS-verformten Stählen wurde eine Beschleunigung der Nitrierkinetik festgestellt. Auch kann ein feines Korn Abschattungseffekte beim Abspulern von Metalloberflächen verhindern und einen regelmäßigen Abtrag ermöglichen. Der Einsatz von ECAP-verformten Titanlegierungen in der Prothetik steht unmittelbar vor der Kommerzialisierung.

Der ECAP-Prozess bietet noch weitere interessante Anwendungsmöglichkeiten. So sind im IWW Versuche durchgeführt worden, die zeigen, dass durch das gleichzeitige Pressen verschiedener Werkstoffe neuartige Fügeverfahren entwickelt werden können. Zusätzlich soll demnächst untersucht werden, inwieweit das Pressen eingekapselter Pulver nach der ECAP-Methode neue Wege in der Pulvermetallurgie eröffnen kann.

Diese Beispiele zeigen, dass hochgradige plastische Verformung als Methode zur Verbesserung von Materialeigenschaften eine Zukunft hat und dass ein großes Potential im Forschungsbereich ECAP vorhanden ist, sowohl aus grundlagenwissenschaftlicher als auch industriellen Sichtweise. Zur Zeit wird im Institut für

Werkstoffkunde und Werkstofftechnik ein beheizbarer ECAP-Versuchsaufbau realisiert. Damit sollte es möglich sein, bei Raumtemperatur schwer verformbare Werkstoffe, beispielsweise Magnesium und Magnesiumlegierungen, zu bearbeiten. Auch bei diesen Werkstoffen sind zahlreiche interessante Materialverbesserungen zu erwarten.

Um die der Kornfeinung zugrunde liegenden Mechanismen zu verstehen, werden am Institut, auch im Rahmen internationaler Kooperationen, Untersuchungen der Gefügeentwicklung mittels TEM, Röntgen- und Neutronenbeugung, Positronenzerstrahlung und anderer Charakterisierungsmethoden auf breiter Front durchgeführt. Ergebnisse aus dieser Forschung sollen dazu dienen, die Prozessparameter beim ECAP im Hinblick auf das gewünschte Eigenschaftsprofil zu optimieren und die Anwendungsmöglichkeiten metallischer Werkstoffe auf dem Wege des ECAP zu erweitern.

Ann. d. Red.:

Literaturhinweise sind bei den Verfassern erhältlich.

Prof. Dr. rer. nat. habil. Juri Estrin

Dr.-Ing. Ralph Hellmig

Dr. Seung Chul Baik

*Institut für Werkstoffkunde und Werkstofftechnik
Agricolastraße 6*

38678 Clausthal-Zellerfeld

Tel.: 05323/72-2004 (Estrin)

05323/72-2748 (Hellmig)

05323/72-3115 (Baik)

Fax: 05323/72-3148

Altbergbau – Gefahr für Mensch und Umwelt?

Neue Ansätze für die dynamische Modellierung untertägiger Salzlösungsprozesse im Kalialtbergbaugebiet Staßfurt

Von Wolfgang Busch, Caroline Hanusch, Steffen Knospe und Klaus Maas

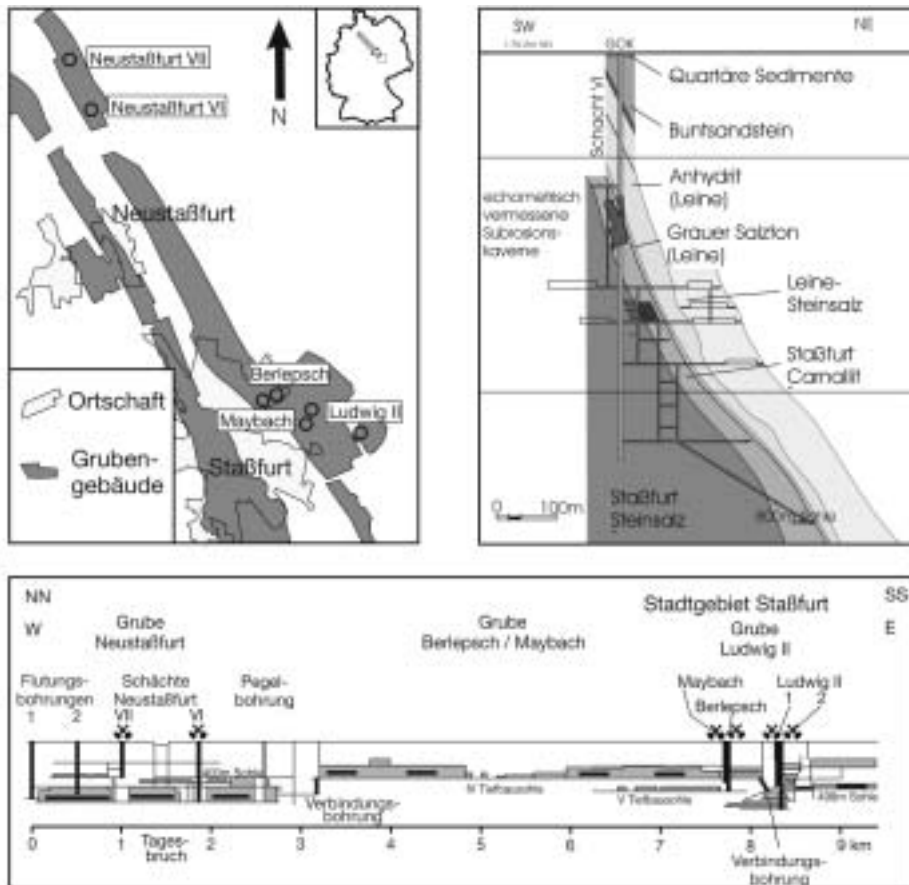


Bild 1 a: Grundrisskarte der Grubenengebäude im Bereich der Ortschaften Staßfurt und Neustaßfurt (oben links)

Bild 1 b: Geologischer Schnitt durch die Grube Neustaßfurt, Schacht VI (oben rechts)

Bild 1 c: Flutungsschema der Gruben Neustaßfurt, Berlepsch-Maybach und Ludwig II (nach SCHWAND & SEIFERT 1999) (unten)

Die Anzahl von Standorten in Deutschland, an denen untertägig Bergbau betrieben wird, nimmt ab. Dagegen steigt die Bedeutung von Aufgabenstellungen, die die Folgen aktiven Bergbaus auf die Umwelt betreffen. Von besonderer Problematik sind Hinterlassenschaften des Bergbaus, für deren Verwahrung kein Rechtsnachfolger verantwortlich gemacht werden kann. Oft sind diese Grubenbaue unzugänglich und ihre Ausdehnung unbekannt. Für eine Verwahrung dieser Grubenbaue sind Modelle zu entwickeln, die die Geometrie der Hohlräume und die Komplexität der geochemischen und geomechanischen Wirkungsgefüge abbilden und die nachhaltige Wirkung möglicher Verwahrungsmaßnahmen darlegen.

Das Institut für Geotechnik und Markscheidwesen der TU Clausthal entwickelt ein solches Modell. Als Untersuchungsraum wurde das weltweit älteste Kalirevier im sächsisch-anhaltinischen Staßfurt gewählt (**Bild 1a**). Das Projekt mit dem Thema *Analyse, Modellierung und Simulation rezenter Subrosionsprozesse in altbergbaulichen Hohlräumen mit Hinblick auf mögliche Steuerungsmaßnahmen* hat Anfang diesen Jahres unter der Leitung von Univ.-Prof. Dr.-Ing. W. Busch begonnen und läuft über zunächst zwei Jahre. Es wird von der Deutschen Forschungsgemeinschaft (DFG), Förderkennzeichen BU 1283/4-1, gefördert und ist Teil des DFG-Forschungsverbunds *Entwicklung und Einsatz informationswissenschaftlicher Methoden zur Wirkungsanalyse, Prognose und Steuerung anthropogen beeinflusster Prozesse in Geosystemen*. Zu diesem Verbund gehört ein parallel laufendes Projekt, in dem unter gleicher Leitung die Thematik *Analyse landschaftsökologischer Änderungen in Folge dynamischer bergbaubedingter Bodenbewegungen – Entwicklung von Prognose und Steuerungsverfahren zur Minimierung ökologisch relevanter Auswirkungen*, Förderkennzeichen BU 1283/3-1, bearbeitet wird. Kooperationspartner für beide Projekte ist eine Arbeitsgruppe von Univ.-Prof. Dr.-Ing. D.P.F. Möller, Arbeitsbereich Technische Informatiksysteme ►

der Universität Hamburg, in der die informationstechnischen Anforderungen untersucht werden.

Das Bergbaurevier Staßfurt

Staßfurt gilt als die Wiege des Kalibergbaus. Die ersten Salinen, so vermutet man, entstanden vor etwa 1200 Jahren (FESTSCHRIFT STASSFURT 2002). Der Tiefbau entlang der steilstehenden Flanken des Staßfurt-Oscherslebener-Sattels wurde 1852 aufgenommen. Um 1900 erschufen die ersten Kaligruben auf der SW-Flanke des Sattels, was zu enormen Bergschäden an der Tagesoberfläche führte. Ende des Jahres 1972 wurde der aktive Kalibergbau im Revier Staßfurt entlang der nordöstlichen Sattelflanke endgültig eingestellt. Um weitere Bergschäden zu vermeiden, wurden die Gruben Neustaßfurt, Berlepsch-Maybach und Ludwig II (**Bild 1a**) mit insgesamt 21 Mio. m³ luftgefülltem Hohlraum durch kontrollierte Flutung verwahrt. Die Flutung führte zu bis heute anhaltenden untertägigen Salzlösungsprozessen (Subrosion) und damit zu Spannungsumlagerungen im Gebirge. Die Folge sind Senkungen an der Tagesoberfläche und Tagesbrüche.

Regionalgeologischer Überblick

Das Bergbaurevier Staßfurt gehört regionalgeologisch zur Subherzynen Senke, die sedimentäre Schichten vom Zechstein bis zum Känozoikum enthält. Die Salinarfolgen des Zechsteins lassen sich in sechs salinare Zyklen untergliedern (Werra- bis Friesland-Serie, Z1 bis Z6). Das abbauwürdige Kaliflöz *Staßfurt* (K2) der Staßfurt-Serie (Z2) ist im Bereich der Grube Neustaßfurt (Schacht VI, **Bild 1a**) als Lagencarnallit ausgebildet und erreicht hier eine Mächtigkeit von 45 bis 55 m (KNAK 1958). Die Grube Neustaßfurt befindet sich an der bis zu 80° einfallenden NO-Flanke des Staßfurt-Oscherslebener-Sattels, dessen Sattelkern aus Staßfurt-Steinsalz (Na₂) besteht (**Bild 1b**). Die Sattelstruktur wird im Hangenden diskordant vom Hauptanhydrit überlagert, der mit quartären Lockergesteinsedimenten bedeckt ist.

Hydrogeologische Situation

Das hydrogeologische System im Bereich der gefluteten Gruben ist hinsichtlich der Quantität und Qualität der zirkulierenden Wässer unzureichend bekannt. Im Zuge der planmäßigen Flutung der Grube Neustaßfurt wurde Anfang der 70-er Jahre durch Verbindungsbohrungen hydraulischer Kontakt zu den südöstlich anschließenden Grubengebäuden von Berlepsch-Maybach und Ludwig II hergestellt (**Bild 1a, 1c**). Die Menge und die Zusammensetzung des Flutungsmediums wurden teilweise dokumentiert.

Der Fall eines Tagesbruchs zwischen den Schächten VI und VII der Grube Neustaßfurt im März 1975 bewirkte den hydraulischen Kontakt des Grubengebäudes zum Oberflächen- und

Grundwasser des den Salzstock überlagernden Lockergesteinsaquifers. Die Bilanzierung der im System strömenden Wassermassen und der durch Subrosion geochemisch umgesetzten Stoffmassen ist dadurch erschwert; das System ist offen.

Bergschadenkundliche Problemstellung

Untertägige Salzlösungsprozesse können zu Spannungsumlagerungen im Gebirge und in Folge dessen zu Bodenbewegungen und Tagesbrüchen führen. Derzeitige Bruch- und Senkungsereignisse im Raum Staßfurt überlagern sich mit bereits in der Vergangenheit eingetretenen Bergschäden. In weiten Teilen hat sich die Tagesoberfläche des Stadtgebiets unter das Niveau des natürlichen Grundwasserspiegels abgesenkt. Um eine flächige Vernässung zu vermeiden, werden täglich rund 1000 m³ Wasser gehoben. Dadurch kommt es neben dem ökologischen Problem der Vorflutversalzung zu einer Selbstanregung der Salzlösungsprozesse. Zudem befinden sich innerhalb des potenziellen Vernässungsbereichs teilweise hochtoxische Altablagerungen der chemischen Industrie, des Kalibergbaus sowie militärische Altlasten.

Mittels Flutungsbohrungen ca. 7 km nordwestlich der Stadt wurde schwach gesättigte Sole in die Grubenbaue eingeleitet (vgl. **Bild 1c**). Durch Verpumpen in die Hohlräume unterhalb der Stadt sollte sich die Sole auf ihrem Fließweg aufsättigen und lösungsaktiv die Grubenbaue auffüllen. Dies führte in den Hohlräumen unterhalb des Stadtgebiets zur Abschwächung der Salzlösungsprozesse, jedoch im Einleitungsbe- reich zu bis heute anhaltender Subrosion.

Chemisch-thermodynamische Berechnungen und Kinetik

Hydrogeochemische Situation

Der Lösungsprozess salinarer Gesteine kann unter Annahme bestimmter Randbedingungen durch *chemisch-thermodynamische* Gleichgewichtsberechnungen nachvollzogen werden (HERBERT & REICHELT 1992, SANDER 1988). Dabei ist die Annahme eines geschlossenen Systems hinsichtlich der Menge der Sole sowie der chemisch umgesetzten Stoffmassen unabdingbar (Kontinuitätsgesetz). In offenen Systemen sind entsprechende Randbedingungen abzuschätzen bzw. durch Heuristiken zu ersetzen.

Die Lösung carnallitischer Salze ist ein *kinetischer* Prozess, in dessen Verlauf sich innerhalb mehrerer metastabiler Zwischenphasen chemisch-thermodynamische Gleichgewichte einstellen. Das sich jeweils einstellende Gleichgewicht ist für einen bestimmten Zeitraum stabil. Unter gleich bleibender Zusammensetzung der Sole kann dabei gleichzeitig Auflösung und Ausfällung von Salzmineralen erfolgen (*dynamisches* Gleichgewicht).

Weiterhin beeinflussen *mechanische* Vorgänge den untertägigen Salzlösungsprozess. Durch die kontinuierliche Auflösung und Ausfällung von Salzen findet eine Veränderung der Oberfläche des zur Solung zur Verfügung stehenden Salzgesteins statt. Zum einen führen Kristallisationsvorgänge zur teilweisen Versiegelung (Maskierung), zum anderen wird durch Absetzen unlöslicher Substanzen Salzgestein dem Lösungsangriff entzogen (Blockierung). Diese Vorgänge verändern das Verhältnis zwischen dem Volumen der Lösung und der Oberfläche des zu lösenden Salzgesteins, welches auf die Entwicklung des Lösungsprozesses entscheidenden Einfluss hat.

Kinetische und mechanische Einflussgrößen können in aktuell verfügbaren geochemischen Rechenmodellen nur indirekt berücksichtigt werden. Diesem Umstand ist bei der Entwicklung neuer Ansätze zur dynamischen Modellierung von Salzlösungsprozessen Rechnung zu tragen.

Kinetische und mechanische Vorgänge sind zudem bislang nicht ausreichend untersucht, um mathematisch formulierbare Zusammenhänge abzuleiten, was die Veranlassung zur Planung und Durchführung eines untertägigen Salzlösungsversuchs (in situ) ist.

In situ-Versuch

Ziel des in situ-Versuchs ist es, durch die Beobachtung eines geschlossenen hydrogeochemischen Systems funktionale Zusammenhänge zwischen chemisch-thermodynamischen, kinetischen und mechanischen Abläufen eines Salzlösungsprozesses abzuleiten. Dazu ist vorgesehen, mehrere untertägige Bohrlöcher mit Sole zu füllen und zeitabhängig die Zusammensetzung der Sole und die geometrische Veränderung und Beschaffenheit des Bohrlochs zu untersuchen.

Temporales Geoinformationssystem

Notwendigkeit neuer Lösungsansätze

Prognosen von Standfestigkeiten und Bodenbewegungen im Raum Staßfurt sind schwierig, da eine Vielzahl benötigter geometrischer und geomechanischer Parameter fehlt, die wegen des komplexen Flutungs- und Ersaufensprozesses nicht gegeben sind (ENGELMANN & KLAMSER 1996).

Deshalb wird hier ein neuer Lösungsansatz vorgeschlagen, der bergschadenkundliche Prognosen und Bewertungen stützen kann. Dies soll durch Zusammenführen von geologischen, hydrogeochemischen und bergbaulichen Daten mit einer geochemischen Modellierung und Einbettung in ein *Informationssystem* erreicht werden (**Bild 2**).

Bei der Entwicklung dieses Systems werden Erfahrungen und Daten genutzt, die in dem Projekt Fernerkundungs-GIS unter Leitung von ▶

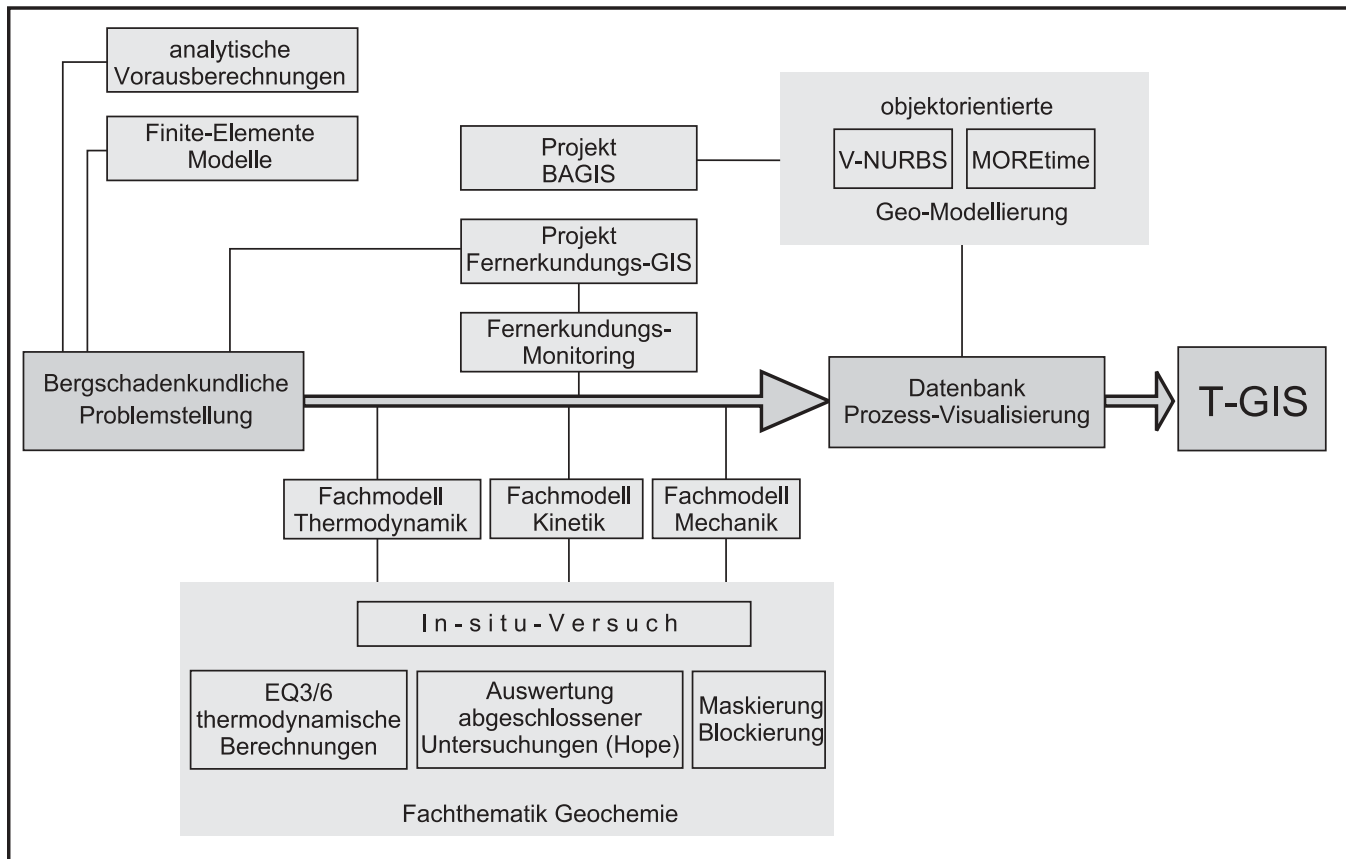


Bild 2: Geplanter Projektverlauf

Univ.-Prof. Dr.-Ing. W. Busch gesammelt werden konnten (SCHLUSSBERICHT FE-GIS 2002). Es erfolgte eine umfangreiche Recherche raum- und bergbaubezogener Daten im Altbergbaugbiet Staßfurt, welche eine wertvolle Grundlage für die fachthematische Modellierung im laufenden DFG-Projekt darstellen. Das Projekt wurde vom Deutschen Zentrum für Luft- und Raumfahrt e.V. (DLR) gefördert. Kooperationspartner waren die Firma Kali-Umwelttechnik (K-UTEC) GmbH, Sondershausen, und die Bundesanstalt für Geowissenschaften und Rohstoffe, Dienstbereich Berlin.

Der Aufbau eines Temporalen GIS (T-GIS) in der laufenden DFG-Projektgruppe stützt sich auf Konzepte, die für das Baugeologisch-Geotechnische Informationssystem BAGIS aufgestellt worden sind (SCHÖTTLER ET AL. 1998). Das Projekt BAGIS wurde durch die Volkswagenstiftung gefördert und mit BAGIS_{VR} erweitert. Im Kern ist darin das objektrelationale Datenbankmodell CORE und die Fachschale MORE (HÖRNER 1999) zur Verwaltung thematischer Daten umgesetzt. Mit dem Modul Geo-CORE (BERGSTEDT 1999) erfolgt die Integration räumlicher (topologischer und metrischer) Informationen.

Für die Modellierung zeitlich und räumlich variierender Salzlösungsprozesse sind diese Konzepte zu dem T-GIS auszubauen. Dafür notwendige Erweiterungen umfassen die Schale

MOREtime (LICHTSINN 2000) zur Integration der Zeit und die Anpassung des Moduls Geo-CORE (KESPER 2001), wobei die Geo-Objekte einheitlich durch *Temporale Volumen-NURBS* (V-NURBS) repräsentiert werden, sowie ein Versionenkonzept.

Dynamische Modellierung

Mit der fachthematischen Auswertung des in situ-Versuchs und mit Expertenwissen lassen sich Rahmenbedingungen und Beschränkungen für den Salzlösungsprozess ableiten. Diese werden zusammen mit Daten und Berechnungsvorschriften des dynamischen Lösungsprozesses im T-GIS als *Konsistenzkriterien* persistent verwaltet. Zusätzlich lassen sich zeitliche, metrische und topologische Randbedingungen festschreiben, die die Modellierungen realistisch begrenzen. Entsprechend der Konzepte einer objektorientierten Modellierung wird der Untersuchungsraum durch ein System von Geo-Objekten repräsentiert, deren Form und Position durch Messwerte gestützt vorgegeben sind.

Der *Modellraum* umfasst den weiter oben beschriebenen in situ-Versuch und soll in einer Weiterentwicklung die Grube Neustaßfurt und benachbarte Grubenbaue vom Beginn der Flutung 1972 bis in die nahe Zukunft umfassen.

V-NURBS sind eine Erweiterung der bekannten und in CAD-Systemen zur kontinuierlichen Beschreibung und Darstellung von Oberflächen

eingesetzten NURBS-Freiformflächen (PIEGL & TILLER 1997). V-NURBS erlauben eine funktionale Beschreibung der Geometrie und der räumlich differenzierten Kennwertverteilungen. Es ergibt sich die Möglichkeit zur methodischen Behandlung des „Inneren“ und der „Oberfläche“ von Geo-Objekten ohne erzwungene Diskretisierung des Raums. Die Darstellung von Merkmalsausprägungen erfolgt durch explizite Farbzuzuweisung an den Knoten des Kontrollgitters und durch Interpolation der Zwischenräume (Bild 3). Die Visualisierung ist durch die Anwendung von level-of-detail Techniken (KÖRBER 2002) beliebig skalierbar.

Die temporale Erweiterung der V-NURBS erlaubt die kontinuierliche Beschreibung der geometrischen Veränderungen in der Zeit.

Thematik, Geometrie und Zeit

Das Zusammenwirken der fachthematisch beschriebenen Zustandsgrößen und Abhängigkeiten (vgl. Kap. „Chemisch-thermodynamische Berechnungen und Kinetik“) wird als dynamischer Geoprozess auf der *thematischen Ebene* des Informationssystems abgebildet. Dynamische Wechselwirkungen und Interaktionen zwischen den Geo-Objekten sowie Restriktionen und Konsistenzkriterien werden als Methoden formuliert und implementiert. Diese beschreiben den voranschreitenden Lösungsprozess unter Nutzung physikalischer und geochemischer ►

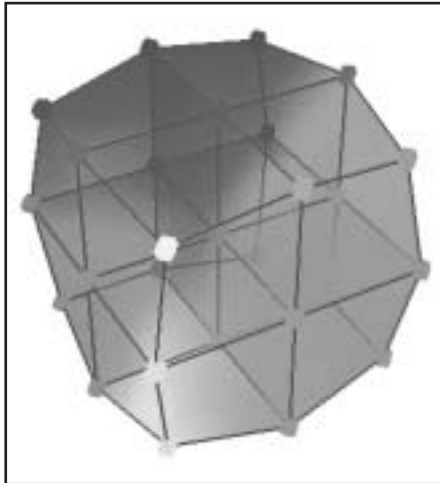


Bild 3: V-NURBS-Darstellung eines Geo-Objektes

Attribute sowie gebiets- und raumspezifischer Parameter (Steigung, Volumen, Exposition).

Grundlage für die zeitlichen Modellierungen ist die Aufstellung eines geometrischen 3D-Modells des Ausgangszustands anhand vorhandener Messdaten. Das Modell wird visualisiert und kann durch „Expertenwissen“ am Bildschirm interaktiv ergänzt und modifiziert werden. Übergeordnete *topologische* und thematische Restriktionen finden dabei Berücksichti-

gung und bilden die Grundlage für eine permanente regelbasierte Überwachung der geometrischen Modellierung. Diese Konditionierung durch das System ist persistent und wird mit einem aktiven Datenbankkonzept realisiert. Topologische Eigenschaften und Beziehungen der Geo-Objekte (Nachbarschaft, Überlappung, Beinhaltung, etc. sowie Richtungen und Reihenfolgen) werden auf einer der Metrik übergeordneten Ebene definiert.

Es sind zwei orthogonale Zeitdimensionen in das Datenmodell einzufügen. Mit der *Transaktionszeit* wird die Historie der Geo-Objekte in der Bearbeitung, Modellierung und Simulation verwaltet. Ein Zu(rück)greifen auf vergangene Bearbeitungs- und Systemzustände wird damit möglich. Die *Gültigkeitszeit* beschreibt die Geschichte der Geo-Objekte in der natürlichen Zeit und ist die Dimension für dynamische Modellierungen. Im Datenmodell wird die Zeit über Zeitstempel eingefügt, wobei Objekte, Relationen und einzelne Attribute zeitgestempelt werden können.

Die zeitliche Modellierung von Lösungs-Szenarien wird durch die Vorgabe von Zustandsänderungen gesteuert und in *Versionen* gespeichert und verwaltet. Eine kontinuierliche Visualisierung der Szenarien unterstützt die Analyse und Beurteilung von Interventionen.

In geowissenschaftlichen Anwendungen vorhandene *Unsicherheiten* und unterschiedliche

Genauigkeiten der Messwerte und Abhängigkeiten müssen im System über die Einführung von fuzzyfizierten oder stochastischen Datentypen und Methoden Berücksichtigung finden.

Der hier vorgestellte Modellansatz unterscheidet sich von Systemen, die auf rein thermodynamischen Berechnungen basieren, durch die kontinuierliche Beschreibung von Raum und Zeit und die Bindung der Prozessmodellierung an Geo-Objekte in ihrer räumlichen und zeitlichen Umgebung (Topologie).

Anm. d. Red.: Ausführliche Literaturangaben sind auf Wunsch bei den Verfassern erhältlich.

Prof. Dr.-Ing. Wolfgang Busch

Dipl.-Geol. Caroline Hanusch

Dipl.-Geol. Steffen Knospe

Dr.-Ing. Klaus Maas

Institut für Geotechnik und Markscheidewesen

Erzstraße 18

38678 Clausthal-Zellerfeld

Tel.: 05323/72-2076 (Busch)

05323/72-3790 (Hanusch)

05323/72-2236 (Knospe)

05323/72-3515 (Maas)

Fax: 05323/72-2479

Zum Dialog von Naturwissenschaft und Theologie

Das etwas andere Seminar

Von Christian Berg

Welchen Sinn hat es, in unserem naturwissenschaftlich-technologischen Zeitalter von Gott zu reden? Ist so etwas wie religiöse Erkenntnis überhaupt möglich? Mit welchem Recht kann man Theologie als „Wissenschaft“ bezeichnen? Und wie sind die durch Naturwissenschaft und Technik aufgeworfenen Probleme theologisch-ethisch zu beurteilen? Diese und andere Fragen behandelte ein Seminar zum Dialog von Naturwissenschaft und Theologie, das während der vergangenen zwei Semester im Rahmen des Studium generale der TU Clausthal durchgeführt

wurde. Das Seminar wurde angeboten von Prof. (em.) Dr.-Ing. Michael F. Jischa, (ehem.) Leiter des Instituts für Technische Mechanik, Studentenpastor Dr. Matthias Schlicht, der auch Lehrbeauftragter an der TUC ist, und Dr. Christian Berg, Mitarbeiter des Instituts für Technische Mechanik.

Ursprünglich was das Seminar, an dem unter anderem Studierende der Chemie, der Informatik, des Maschinenbaus und der Umweltschutztechnik teilnahmen, nur für das WS 2001/2002 geplant gewesen und sollte einen Überblick über

die verschiedenen Bereiche des Schnittfelds von Naturwissenschaft und Theologie geben. Aufgrund des ausdrücklichen Wunsches der Studierenden fand jedoch im Sommersemester 2002 erneut ein Seminar statt, das die Arbeit in diesem Bereich anhand ethischer Fragen fortsetzte und vertiefte. Da die Studierenden auch nach Ende des zweiten Semesters wieder mit Nachdruck eine Fortführung dieses Seminars wünschten, wird es im WS 2002/2003 erneut stattfinden, dann als Blockseminar mit dem Schwerpunkt Erkenntnistheorie und Methodologie.

Neben der Arbeit an den genannten inhaltlichen Fragen wurde auch die Methodik geisteswissenschaftlichen und theologischen Arbeitens behandelt und eingeübt. Dies beinhaltete beispielsweise, dass ausgewählte Texte zum Thema jeweils im Eigenstudium zu Hause vorbereitet werden mussten, um anschließend im Seminar besprochen zu werden. Leistungsnachweise konnten durch Seminarvorträge oder durch schriftliche Hausarbeiten über zuvor abge- ►

sprochene Themen erbracht werden.

Die Konzeption des ersten Seminars war 2001 vom Center for Theology and the Natural Sciences (CTNS) in Berkeley/Kalifornien im Rahmen des Science and Religion Course Program ausgezeichnet worden (vgl. TU Contact Nr. 9/2001, S. 60); für die Konzeption des zweiten Seminars erhielten die Veranstalter 2002 ein Development Grant derselben Institution. Die entsprechenden Dotierungen gestatteten es unter anderem, relevante Literatur zu beschaffen, Referenten einzuladen sowie einen Wettbewerb für die Studierenden auszuschreiben.

So konnte der renommierte Physiker und Träger des „Alternativen Nobelpreises“, Prof. Dr. Hans-Peter Dürr, für einen Vortrag gewonnen werden, zu dem auch eine breitere Öffentlichkeit eingeladen wurde. Dürr sprach er zu dem Thema: „Wir erleben mehr, als wir begreifen“

(Der Vortrag ist aufgezeichnet worden und kann unter <http://www.rz.tu-clausthal.de/multimedia/streaming/realservers/vortraege/duerr2002> verfolgt werden).

Zudem wurde ein Aufsatz-Wettbewerb unter den Teilnehmern des Seminars veranstaltet. In einem Gesamtwert von € 1.000,- wurden Preise ausgeschrieben für die besten Aufsätze, die im Rahmen von Leistungsnachweisen als wissenschaftliche Hausarbeiten eingereicht wurden. Der erste Preis in Höhe von € 500,- ging an Herrn Andreas Wade, der als Student der Umweltschutztechnik im sechsten Semester eine Arbeit vorlegte, in der er für eine mehrdimensionale Wahrnehmung der Wirklichkeit plädiert, zu der sowohl Natur- und Ingenieurwissenschaften als auch die Theologie beizutragen hätte. Im Folgenden wird eine gekürzte Version dieser Arbeit abgedruckt. ■

Familie, Teil eines Unternehmens, Teil einer Studentenschaft an einer Technischen Universität, jedoch ist man jeder dieser Rollen „ganz“ verschrieben, als Individuum (lat. das Unteilbare) in jeweilig besonderer Ausprägung. Auch die alltägliche Erfahrung der Mitwelt schließt „Teilheit“ im Sinne einer Fragmentierung aus. Die wahrgenommenen Ausschnitte fügen sich kontinuierlich in Erkanntes und Erwartetes ein. Unsere Sensoren vermitteln ein Bild des in Raum und Zeit existenten Ganzen, dessen Teil wir sind.

Doch woher diese Gewissheit? Wissen können wir dies gar nicht – nein es ist vielmehr eine Empfindung, eine „Wahrnehmung von Verbundenheit zum Kosmos als Ganzem“, eine „Empfindung ultimativen Dazugehörens“ (Capra). Das Erlebnis dieser Empfindung ist unmittelbarer Bestandteil von Spiritualität und Religiosität – gleichsam eine Erahnung von Transzendenz. „Erkenntnistheoretisch besagt Transzendenz Bewusstseinsunabhängigkeit und bezeichnet einen Ort oder Zustand, der unabhängig vom erkennenden Bewusstsein existiert bzw. einem Sachverhalt zukommt, der als selbständiger jeden möglichen Erkenntnisakt übersteigt“ (Metzler Philosophie Lexikon). Somit kann *Ganzheit* einzelnen Erkenntnisakten *allein*, also beispielsweise naturwissenschaftlicher Forschung, unzugänglich sein. Sie ist vielmehr empfundene Verbundenheit, die sich in allen Wahrnehmungsspektren unserer Realität wiederfinden lässt.

Wo ging Ganzheit verloren?

Die empfundene, transzendente *Ganzheit* ging verloren, weil sie im Zuge des Fortschritts und des Erfolgs der Naturwissenschaften des vergangenen Jahrhunderts, in einem Bewusstsein unbegrenzter naturwissenschaftlicher Durchdringbarkeit und Erkenntnis, rationalisiert wurde. Gewissermaßen als Schwungmasse für diesen Prozess diente auch die exponentiell zunehmende Anwendung und Entwicklung von Technik, der ein deterministisch-rationaler Charakter innewohnt und die einen immer größeren Einfluss auf das Leben des Menschen bekommt. Die sich so eröffnenden Möglichkeiten technischer Antworten auf nahezu alle Probleme haben weitere Blickwinkel, weitere Wahrnehmungssensoren für die Realität in beharrlichem Effizienzstreben fast schon verdrängt. Ganzheit wurde zu „Teilheit“.

Warum eine Wiederentdeckung?

Ein Zurückfinden zu einer mehrperspektivischen Wahrnehmung der Wirklichkeit legt sich zunehmend nahe, sei es durch die ambivalenten Folgen von Großtechnologien, durch die Forcierung sozialer Probleme in technisierten Gesellschaften oder durch die bedrohlichen Entwicklungen in der Umweltzerstörung (vgl. hierzu Jischa). Auch im Sinne einer postmodernen Vielfalt scheint das Zurücklassen der „universalistischen und totalitären neuzeitlichen Wissenschaft und ▶

Der Dialog von Naturwissenschaft und Theologie zur Wiederentdeckung der Ganzheit

Ein ästhetischer Ansatz

Von Andreas Wade

Einleitendes

Ein Dialog zwischen Naturwissenschaft und Theologie – im Rahmen eines ingenieurtechnischen Studiums an einer Technischen Universität? Ein Dialog ist ein „Gespräch, das zwischen zwei Gruppierungen geführt wird, um sich und die gegenseitigen Standpunkte kennen zu lernen“ (Duden, Fremdwörterbuch); Standpunkte, welche – wie Exkurse in die Geschichte zu zeigen scheinen (hingewiesen sei bspw. auf die Lebensgeschichte Galileis) – eine gegenseitige Ausschließlichkeit fordern. Beide Disziplinen finden jedoch darin ihren Konsens, über die gleiche Realität Aussagen zu treffen und diese zu interpretieren.

Die Ingenieurwissenschaften, als Teilgebiete der Naturwissenschaft, erweitern die alleinige Erfahrung und Erkenntnis um den Aspekt der Anwendung in Technik, welche heute durch Realitätsgestaltung unmittelbaren Einfluss auf unsere Erfahrung hat. Der Gesprächspartner, die Theologie, hat durchaus eine ähnliche Aufga-

be im Wechselspiel von Realität und Erfahrung. Sie ist „die denkerisch verantwortete Rede von Gott vom Standpunkt des ... Glaubensbewusstseins aus. Dieses Glaubensbewusstsein erstreckt sich ... auf Aussagen zu allen Wirklichkeitsbereichen (Gott, Welt, Mensch) und zu allen Wirklichkeitsstufen (Natur und Leben, menschliches Handeln und Verhalten, Geschichte und Kultur)“ (Wörterbuch des Christentums). In diesem Kontext wird Offenbartes und Überliefertes christlicher Religion wissenschaftlich reflektiert und in gewissem Sinne ebenfalls heute „angewendet“. Diese sich abzeichnende gemeinsame Basis soll Ausgangspunkt für die folgenden Betrachtungen sein.

Was ist Ganzheit ?

Ganzheit – ein Wort, welches ohne Zweifel nur recht selten im alltäglichen Sprachgebrauch auftaucht, weil es auf den ersten Blick auch gar kein Pendant in der „Teilheit“ zu haben scheint. Sicherlich ist man Teil von etwas, Teil einer

Politik“, welche auf dem „Ausschluss von Heterogenität und der Reduktion auf abstrakte Identitäten“ beruht (Metzler Philosophie Lexikon), notwendig. Letztendliche Begründung für die Notwendigkeit einer Wiederentdeckung aus der Sicht des Individuums kann wahrscheinlich nur der empfundene Integritätsmangel sein, der aus immer größeren Dissonanzen zwischen der rein naturwissenschaftlich-technischen *Beschreibung* und der *persönlichen Empfindung* der Realität resultiert.

Grundlegendes

Die Wiederentdeckung der *Ganzheit* – steht nicht dieser Satz allein schon im Gegensatz zur im letzten Abschnitt proklamierten Vielfalt der Postmoderne? Nein, denn es soll nicht versucht werden, alle Facetten der Realitätswahrnehmung in diesen Begriff zu integrieren. Vielmehr sollen nur die für einen Dialog zwischen Naturwissenschaft und Theologie fruchtbringenden Facetten betrachtet werden. Die Besinnung auf die Ganzheit soll helfen, die sehr variable Schnittmenge zwischen den „Wahrnehmungskulturen“ der Naturwissenschaft und der Theologie offen zu legen. Die wissenschaftliche Disziplin, die sich mit der betrachteten Schnittmenge befasst, wird als Ästhetik (griech. *aisthesis*: Wahrnehmung, Empfindung) bezeichnet.

Was ist Ästhetik?

Die Bezeichnung *Ästhetik* für die philosophische Disziplin, welche sich mit der „Lehre vom Schönen und der Erfahrung des Schönen“ (Metzler Philosophie Lexikon) auseinandersetzt, existiert seit Baumgarten und Kant. Von der Disziplinenvielfalt, die sich im Bereich der Ästhetik eröffnet, soll im Rahmen dieser Abhandlung nur die philosophische betrachtet werden. Daneben existieren beispielsweise auch noch die psychologische Ästhetik und die Kunstästhetik, deren Verwobenheit mit dem philosophischen Zweig durch diese „Bevorzugung“ keineswegs verleugnet werden soll.

Unterschieden werden vier Zweige heutigen Ästhetikverständnisses. Der erste Zweig, bezeichnet als *Theorie der ästhetischen Erfahrung*, basiert auf den Grundsätzen des Kant'schen Ansatzes in der „Kritik der Urteilskraft“, wo der subjektive Charakter der Ästhetik hervorgehoben wurde. Die „besondere Dimension des Ästhetischen [sei] in einer bestimmten Rezeptionserfahrung zu verankern (...), die einen Sonderfall unserer gewöhnlichen Erfahrung“ (Bubner) darstellt. Der zweite Zweig, gewissermaßen als Fortsetzung der *Werkästhetik* verstanden, trägt dem Umstand Rechnung, „dass die ästhetische Erfahrung (...) das Bedürfnis hat, immer wieder zu ‚Kunstwerken‘ heimzukehren“ (Grözinger). Der dritte Zweig der Betrachtung wird als *Theorie der „ästhetischen Rationalität“* bezeichnet. Eine Definition ästhetischer Ratio-

nalität kann wie folgt gegeben werden: „Ästhetisch ist das Verhalten, das sich zur Welt seiner Erfahrung erfahrend zu verhalten sucht. Rational ist dieses Verhalten, sofern es begründbar ist – wenn die ästhetisch Wahrnehmenden begründen können, warum sie an diesen und nicht jenen Objekten ein ästhetisches Interesse nehmen“ (Seel). Der letzte von Grözinger dargestellte Zweig, die *Theorie der ästhetischen Vernunft*, ist wohl der aussichtsreichste, was den Dialog von Naturwissenschaft und Theologie auf ästhetischer Basis betrifft. Der Behandlung dieses Zweiges widmet sich der nächste Abschnitt dieses Beitrags. (...)

Ästhetische Vernunft

Zur Begründung der Eignung ästhetischer Vernunft als Dialogbasis sei hier noch kurz erläutert, in welchem Kontext sie im Rahmen dieser Arbeit verstanden werden soll. Das von den heutigen Naturwissenschaften vermittelte Abbild der Realität, welches das Individuum ob seiner Vielfältigkeit und Komplexität gleichsam nur bruchstück- und ausschnittshaft erreicht, ist ebenso eine Facette postmoderner Pluralität wie die Realitätsreflexion der gegenwärtigen Theologie. Eine (postmoderne) ästhetische Vernunft, die diese Vielheit akzeptiert und bewahrt, ist darum geeignete Grundlage für dialogische Kommunikation und gegenseitiges Verständnis. Diese Fähigkeit kann auch als transversale Vernunft bezeichnet werden: „Transversale Vernunft (...) stellt das Grundvermögen einer postmodernen Lebensform dar. Denn die postmoderne Wirklichkeit verlangt allenthalben, zwischen verschiedenen Sinnsystemen und Realitätskonstellationen wechseln zu können. Diese Fähigkeit wird geradezu zur postmodernen Tugend. Sie ist jedenfalls eine Bedingung gelingenden Lebens unter den Auspizien [d.h. Aussichten, A.W.] der Postmoderne“ (Welsch).

Ästhetik in der Theologie

Der Ansatz einer ästhetischen Vernunft, wie er im vorigen Abschnitt kurz dargestellt wurde, formuliert „eine theologische Ästhetik, die die Spannung zwischen theologischer und ästhetischer Wahrheit bleibend wahrt. Eine theologische Ästhetik siedelt sich in diesem Spannungsfeld zwischen ästhetischen und theologischen Wahrnehmungsperspektiven und Wahrheitsansprüchen an“ (Grözinger). Grundvoraussetzung für eine solche Ästhetik in der Theologie ist damit die Öffnung für alle in der jeweiligen Gegenwart existierenden „kulturell-ästhetischen Erscheinungsformen“ (ebd.), wobei die *Öffnung* auch den Willen zum Verständnis und die Perspektivenvielfalt beinhaltet. (...)

Als Beispiel für eine so praktizierte Theologie der ästhetischen Vernunft kann ein unter dem Begriff der „christlichen Lebenskunst“ (Korsch) vorgestelltes Modell dienen. Eine zentrale Rolle

spielt dabei der Begriff des „Stils“. Unter „Stil“ versteht man die „einheitliche und charakteristische Darstellungs- und Ausdrucksweise einer Epoche“ (Duden, Fremdwörterbuch). Angewandt auf die Gegenwart ließe sich somit ein Stil beschreiben, der die multiplen Facetten postmoderner Pluralität beinhaltet. (...)

Es lässt sich sowohl eine ethische, als auch eine systematisch- und praktisch-theologisch ausgerichtete Antwort auf die Vielfältigkeit der heutigen Lebensstile finden; „und zwar in dem analytischen Sinn, dass Religion zur Beschreibung und Ermittlung von Stilphänomenen beiträgt, ebenso wie in dem praktischen Verständnis, dass Religion, selbst wahrgenommen, zur Pflege und Gestaltung des Stils anleitet“ (Korsch). Die Erörterung des hier dargestellten Aufgabenfeldes soll im Rahmen der Schnittmenbestimmung erfolgen.

Ästhetik in der Naturwissenschaft

Die moderne Naturwissenschaft, in ihrer Lebendigkeit durch den Dialog der an ihr beteiligten Wissenschaftler, findet in dargestellten Theorien „oft zu Begriffen wie Schönheit, Eleganz und Ökonomie“ (Wechsler). Viele der in Forschungsarbeit entdeckten Zusammenhänge erscheinen in ihrer Einfachheit und ihrer Einpassung in das System als ästhetisch. Grundlage für eine beispielhafte Betrachtung dieses Gebietes in den Naturwissenschaften soll die von Wechsler in ihrer Einleitung gegebene ästhetische Hypothese sein:

„When scientists, however, reflect on their work, the development of concepts, and the theories that expound them, it is evident that intuition and aesthetics guide their sense of, this is how it has to be, their sense of rightness. (...) If one views science as attempting to approximate reality, subject to experiment but not necessarily to verification, then there is latitude, and one can conceive that the choice of alternative hypotheses are subject to aesthetic factors.“

An dieser Stelle sei zur Untermauerung der These vergleichend die Betrachtung eines Musikstückes erlaubt. Zusammengesetzt aus Tönen, die an sich nichts weiter als definierte Schwingungen sind, die sich nach physikalischen Gesetzmäßigkeiten vom Tongeber im jeweiligen Medium ausbreiten und unser Ohr erreichen, ist sie doch mehr als eine Tonabfolge. Aufgrund bestimmter Symmetrien und Harmonien in der Tonabfolge entsteht eine „übersummativ“ Melodie, die beim Zuhörer bestimmte Empfindungen, zum Beispiel ein ästhetisches Gefallen, auslösen kann. Wechslers These ist nun, dass ähnliche Empfindungen in naturwissenschaftlicher Forschungsarbeit dazu führen können, aus einer Vielzahl von Hypothesen jene auszuwählen, die gewissermaßen im „Einklang“ mit dem Gesamtbild des Wissens steht und sich har- ▶

monisch, wie beispielsweise die Töne einer Melodie, einfügt. Berichte von Planck, Einstein und Heisenberg – aber auch aktuellere Forschungen, beispielsweise in der Mathematik – scheinen dies zu bestätigen.

Schnittmengenbestimmung

Im Fall meiner Betrachtung möchte ich den Begriff der Schnittmengenbestimmung von der rein mathematischen Definition abstrahieren. Die These, die ich im Laufe dieser Bestimmung erörtern und begründen möchte, läuft auf eine Ähnlichkeit der ästhetischen Empfindung in Naturwissenschaft und Theologie hinaus. Die vergleichbare Wahrnehmung des Schönen führt schließlich zu einer Möglichkeit, die eingangs umschriebene *Ganzheit* in der Betrachtung der Realität aus verschiedenen Blickwinkeln wiederzuentdecken und auf dieser gemeinsamen Basis einen Dialog zwischen Naturwissenschaft und Theologie zu führen.

Ästhetische Erfahrung = Ganzheit

Wo begegnet uns ästhetische Erfahrung?

Ich möchte vom Bild des Natur- bzw. Ingenieurwissenschaftlers ausgehen, weil mir dies am vertrautesten ist. Das entsprechende Forschungs- und Aufgabenfeld erfordert das Auffinden technischer Lösungen für bestimmte Zielstellungen. Bei der Suche nach diesen Lösungen spielen die Faktoren der technischen Durchführbarkeit, der Effizienz und natürlich auch der Kostenbetrachtung die Hauptrollen. Doch auch die Kompatibilität zu bestehenden Systemen oder die Akzeptanz der Lösung in der Gesellschaft spielt eine Rolle, nicht zuletzt bei den ganzheitlichen Ansätzen der Betrachtung technischer Lösungen in der Technikbewertung und Technikfolgenabschätzung. Aus meiner Sicht findet sich gerade an dieser Stelle, an welcher der Ingenieur „technikschöpfend“ tätig wird, ein Bezug zur Ästhetik und zur ästhetischen Wahrnehmung. So rückt in der Wahrnehmung des Problems und dessen Lösung neben dem technisch-fundierten Aspekt ein weiterer in das Blickfeld des „Entwickelnden“ – sei dies bewusst oder unbewusst – nämlich das Streben nach „Eleganz“. Diese Eleganz ließe sich zweifelsohne in einer ästhetischen Vernunft anordnen, welche versucht, die Elemente ihres Denkens ebenfalls zu harmonisieren.

In diesem Bewusstsein (der konzipierten Erfindung bzw. Lösung als Teil eines kreativen Prozesses, der gedacht und umgesetzt wurde) entsteht das Bild eines menschlichen „Mit-Schöpfers“ (Hefner). Dieser ist Teil der Natur- und Kulturgeschichte und „schöpft“ einen Teil, der zur Weiterentwicklung und Bewahrung der Schöpfung beiträgt. Auch wenn es sich nicht um ein Kunstwerk im werkästhetischen Sinne der Kunstkritik handelt, so ist es doch Resultat eines kreativen Prozesses und als solches durchaus auch mit einer subjektiven ästhetischen Erfah-

rung verbunden, die in die Ideenfindungsphase mit eingeflossen ist. „Es gibt keine scharfe Grenze zwischen Mensch und Natur, und trotzdem bleibt die Besonderheit des Menschen gültig, nicht nur kreativ in dieses Geschehen eingreifen, sondern dies auch wirklich bewusst tun zu können“ (Dürr). Dieser auch auf ästhetischer Erfahrung basierende Eingriff in die Natur und dessen Bewusstmachung als solcher ist ein Teil der *Ganzheit*.

Ein weiterer Teil findet sich im transzendenten Charakter, welcher am ehesten der ästhetischen Erfahrung auf spirituellem oder religiösem Gebiet zugänglich ist und sich letztendlich mit der Sinnfrage beschäftigt. Hans-Peter Dürr schreibt dazu: „Die Frage nach der Bedeutung [der menschlichen Existenz, A.W.] verlangt immer eine noch höhere Ebene (...) Die Sinnhaftigkeit ergibt sich aus der Beziehung des Einzelnen, des nur konstruiert Abgetrennten, in Bezug auf den Hintergrund. In der Erfahrung dieser Beziehung begegnen wir dem Religiösen.“ Bezeichneten Hintergrund bildet hier die *Ganzheit*, die Dürr an anderer Stelle wie folgt appellativ umschreibt: „Wir (...) müssen jedes Phänomen als Bestandteil einer großen Ganzheit (...) begreifen“, welche nur „durch subjektive Innenansicht, durch religiöse Schau erfahrbare“ sei. Zugang zu dieser transzendenten Ebene kann somit ästhetisch erfahrene Religiosität bilden.

Aspekte des ästhetischen Dialogs

Exemplarisch diskutieren möchte ich einige Aspekte anhand des Konzeptes des „ästhetischen Beobachters“, welches von Alejandro García-Rivera in seinem Essay „Light from Light: An Aesthetic Approach to the Science-and-Religion Dialogue“ dargestellt wird. Ausgehend vom Grundmodell des „Heisenbergschen Beobachters“ – der mit den Entdeckungen der Quantenphysik als Inbegriff eines naturwissenschaftlichen Paradigmenwechsels verstanden werden kann, da er durch die Art und Weise seiner Beobachtungen direkt auf das Beobachtete einwirkt – argumentiert García-Rivera vergleichbar, indem er den Einfluss ästhetischer Empfindung auf das Wahrgenommene bzw. Erkannte einbezieht. (...) Somit erhält die Idee des „Heisenbergschen Beobachters“ eine weitere Dimension. (...)

García-Rivera stellt die Frage „ob seine Beobachtung [die des Heisenbergschen Beobachters, A.W.] die Gesamterfahrung einer solchen Beobachtung adäquat erklärt, beispielsweise die Erfahrung von Ehrfurcht oder Schönheit in der beobachteten Natur.“ Kann eine solche Beeinflussung des Beobachters nicht ebenfalls zu einer Abweichung in den Beobachtungsdaten oder der Datenstruktur führen? Entgegenzuhalten wäre hier das Kriterium der Reproduzierbarkeit durch einen beliebig anders wählbaren Experimentator, welches in Bezug auf wissenschaftliche Daten erhoben wird. Dies unterliegt in der

Quantenphysik jedoch ungleich höheren Schwierigkeiten, da Beobachtung nur über Instrumente möglich ist, die ebenfalls den Gesetzen der Quantenmechanik unterworfen sind. Handelt es sich bei der Beobachtung jedoch um eine unmittelbar-subjektive Wahrnehmung, so gewährleistet dieses Kriterium eine ziemliche Sicherheit der erworbenen Erkenntnisse. Denn dass ein „n-ter“ Experimentator durch genau die gleichen Faktoren ästhetisch beeinflusst wird wie ein „(n+1)-ter“, ist wegen der subjektiven Gebundenheit der ästhetischen Empfindung höchst unwahrscheinlich. Dementsprechend wäre bei einer hinreichend großen Wiederholung der Beobachtung durch verschiedene Beobachter die Unsicherheit durch subjektiv-ästhetische Wahrnehmungen minimierbar.

Nachvollziehbar erscheint jedoch die Rolle des ästhetischen Beobachters als Entdecker von neuen Zusammenhängen. Grundlage bildet hierfür die bewusste Akzeptanz „der spirituellen Freiheit des ästhetischen Beobachters, die eine willentliche, keine erzwungene, Anteilnahme eröffnet“, welche durch die „Sinnlichkeit (...) materieller Körperlichkeit des Beobachters“ ermöglicht wird. (...)

Interpretiert man diese Aussage vor dem Hintergrund der Idee einer ästhetischen Vernunft, so lassen sich durchaus Aufgaben für Theologie und Naturwissenschaft ableiten. So liegt das Handlungsmandat bei der Theologie – hier erwähnt als Repräsentant der „geisteswissenschaftlichen Kultur“ – wenn es um die nähere Untersuchung der Abbilder transzendenter „Offenbarungen“ in unseren Wahrnehmungen geht. Bezug zu nehmen ist hier sicherlich nicht nur auf die Gegenwart, sondern auch auf die geschichtlich-kulturelle Entwicklung von Weltbildern und Weltanschauungen. Im dialogischen Wechselspiel ist ebenso die Naturwissenschaft gefordert, so gewonnene Erkenntnisse zu akzeptieren und in ihre Betrachtungen zu integrieren, auch wenn keine mathematisch-offenlegbare Schnittmengenbeziehung zu existieren scheint. Hilfreich ist gerade in einem solchen Fall die Bewusstmachung einer gemeinsamen Basis, welche im ästhetischen Ansatz dieser Abhandlung umrissen werden sollte.

Abschließendes

Die Bewusstmachung der Sensoren für das Schöne, beispielsweise in der Natur, kann Beitrag und sehr gute Basis für einen Dialog zwischen den „zwei Kulturen“ sein. Beiden obliegt in Zukunft ja schließlich auch die Aufgabe der Erhaltung der Natur und der Lebensbedingungen für den Menschen. Synergieeffekt eines praktizierten Dialogs wird eine Verbesserung der Kommunikation sein – sowohl in quantitativer als auch in qualitativer Hinsicht – was zur Vereinfachung und Lösung immer komplexerer Fragestellungen in beiden „Kulturen“ beitragen wird. ▶

Die Wiederentdeckung der *Ganzheit* – auch in einem postmodernen Pluralismus – in einem ästhetisch basierten Austausch zwischen Naturwissenschaft und Theologie könnte neue Möglichkeiten eröffnen, dass das Verständnis für die Notwendigkeit der Bewahrung der Schöpfung in ihrer Vielfalt neue Impulse erhält.

„Die naturwissenschaftliche Betrachtungsweise und der rasante technische Fortschritt verstellen uns heute nicht selten den Blick für diese Ganzheit. Gleichzeitig wird immer mehr Menschen der damit verbundene Mangel deutlich ...“ (Hans-Peter Dürr).

Andreas Wade

Leibnizstraße 22 / App. 113

38678 Clausthal-Zellerfeld

E-Mail: andreas.wade@tu-clausthal.de

Dr. Christian Berg

Institut für Technische Mechanik

Graupenstraße 3

38678 Clausthal-Zellerfeld

Tel.: 05323/72-3166

Fax: 05323/72 2203

E-Mail: christian.berg@tu-clausthal.de

Massenspektrometrie mit Knudsen-Zelle (KEMS) im Institut für Nichtmetallische Werkstoffe

Von Albrecht Wolter

Aus Mitteln der Verbände der deutschen Zement-, Kalk- und Gipsindustrie sowie des Bundes wurde für das Institut für Nichtmetallische Werkstoffe ein neuartiges Massenspektrometer mit Knudsen-Zelle (KEMS) beschafft. Die Knudsenzelle (**Bild 1**) an sich ist seit langer Zeit bekannt. Es handelt sich dabei um eine kleine Heizkammer, in welcher der zu untersuchende Stoff eingekapselt aufgeheizt wird. Diese Kapsel hat eine winzige Öffnung zum umgebenden Hochvakuum. Dadurch entweichen dem

Dampfdruck entsprechend einige Partikel aus der Kapsel, welche dann ionisiert und in üblicher Weise im Massenspektrometer identifiziert werden können.

In der Bundesrepublik Deutschland gibt es nur wenige KEMS-Geräte, wovon bisher keines im Bereich der Werkstoffkunde bzw. Nichtmetallischen Werkstoffe eingesetzt wird. Das Gerät soll hier vorzugsweise zur Untersuchung flüchtiger Neben- und Spurenbestandteile in ansonsten „kondensierten“ Phasen eingesetzt werden. So

können z.B. natürliche und künstliche Gläser erhebliche Mengen Wasser enthalten.

Ähnlich unerwartet dürfte für Nichtfachleute sein, dass z.B. beim Brennen von Zement geringe Mengen an Salzen in den Ofenprozess eingetragen werden und bei den angewandten Temperaturen von über 1400°C verdampfen. Die Gasreinigung dieser Anlagen wiederum ist so perfekt, daß diese Salze zu nahezu 100% in das Ofensystem zurückgeführt werden. Sie können sich im Kreislauf stark anreichern und zu gefähr- ►



Bild 1: Massenspektrometer mit Knudsen-Zelle
a) Gesamtansicht



Bild 1: b) Ausschnitt

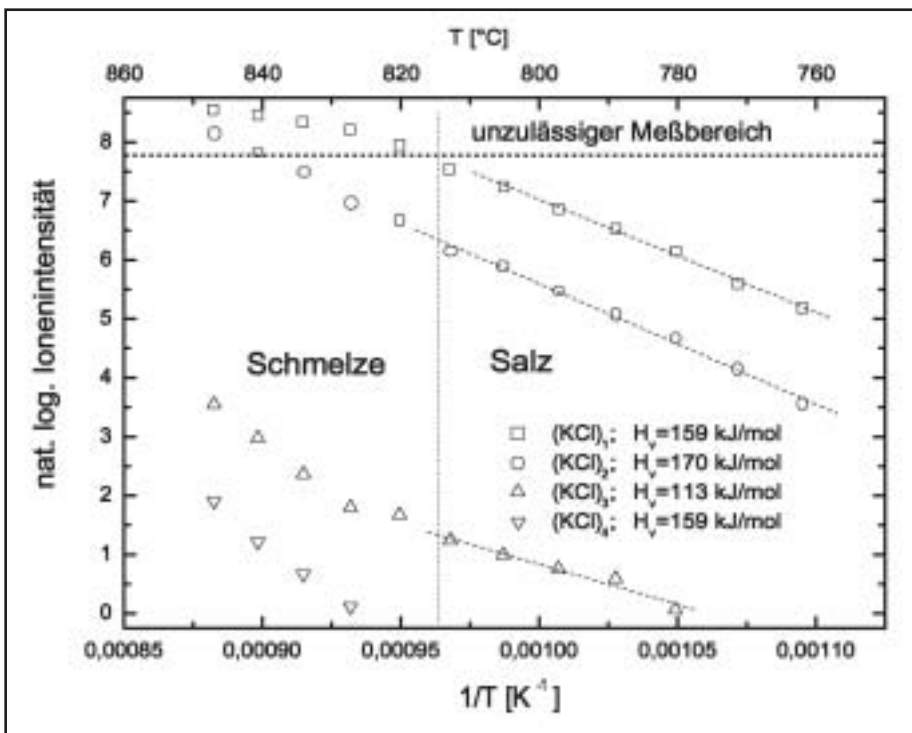


Bild 2: Verdampfungsraten von KCl in Abhängigkeit von der Temperatur

lichen Betriebsstörungen führen. Phänomenologisch sind diese Kreisläufe seit ca. 30 Jahren bekannt und auch die technischen Maßnahmen zur Unterdrückung bzw. Entlastung dieser Kreisläufe.

Berechnen kann man solche Kreisläufe bisher jedoch nicht, da die Basisdaten wie z.B. Dampfdrücke und Aktivierungsenergien entweder gar nicht bekannt sind oder nur sehr ungenau. Hier soll das KEMS Abhilfe schaffen, und erste Messungen sehen diesbezüglich sehr erfolgversprechend aus. So zeigt das Diagramm in **Bild 2** erste Messungen an Kaliumchlorid, einem weitverbreiteten Kreislauftsalt, welches demzufolge nicht ionar verdampft, sondern in Molekeln und Clustern von ein bis vier Einheiten in die Dampfphase übertritt. Diese Versuche mit reinen Substanzen werden als nächstes auf Sulfate ausgeweitet, und dann wird es richtig spannend, wenn Partialdampfdrücke über realen Kreislauftsalmischungen gemessen werden können.

Am Ende steht ein wichtiger Baustein im interdisziplinären Projekt zur verfahrenstechnischen Simulation von Hochtemperaturprozessen, welche in Zusammenarbeit mit dem Institut für Energieverfahrenstechnik und dem Institut für Metallurgie realisiert werden sollen.

Prof. Dr. rer. nat. Albrecht Wolter
Institut für Nichtmetallische Werkstoffe
Zehntnerstraße 2A
38678 Clausthal-Zellerfeld
Tel.: 05323/72-2029
Fax: 05323/72-3119

Erdöl - Erdgas – Kolloquium des ITE der TU Clausthal am 11./12. April 2002

Leistungssteigerung in Erdgas-Porenspeichern

Die Veranstalter der traditionellen Kolloquiumsreihe des Clausthaler Institutes für Erdöl-Erdgastechnik hatten bei der ersten Veranstaltung in 2002 diese hochaktuelle Thematik gewählt. Das Interesse daran drückt sich durch die Teilnahme von 80 Fachkollegen aus Deutschland und Rußland (Gazprom und VNIGAZ Moskau) aus. Die interessanten Vorträge aus Industrie und Hochschule führten zu regen Diskussionen im Plenum und während des gemeinsamen Abends zwischen beiden Programmtagen.

Die Kolloquiumsreihe, die in 2002 mit Veranstaltungen zu „Spülung und Zement“ sowie „Spektrum der Lagerstättentechnik“ einen neuen Impuls erhielt, soll künftig wieder fester Bestandteil der Aktivitäten des ITE der TU Clausthal sein. Aktuelle Themen aus dem Fach-

gebiet Erdöl-Erdgas sollen durch methodische Behandlung und Diskussion von Erfahrungsberichten aus der Praxis beleuchtet werden.

Das Kolloquium begann mit Vorträgen zum energiewirtschaftlichen Umfeld und internationalen Vergleichen. Die beiden einführenden Vorträge von Dr. Kehr, RWE Gas, Dortmund, **Anforderungen an Gasspeicher im liberalisierten Gasmarkt** und Herrn Floren, Ruhrgas, Essen, **Auswirkung der Neuordnung des Durchleitungsrechts auf den deutschen Gasmarkt** erläuterten den aktuellen Stand und auch die unterschiedlichen Unternehmenssichten, die mit der Darstellung der nun verzögerten Gas-Verbänderichtlinie II zu erwarten sind. Der Gas-Wettbewerbsmarkt bedeutet für die Speicherbetreiber die Anlagenanpassung an einen „anonymen“ Com-

modity-Markt mit höherer Anlagenflexibilität und geringerer Kapitalbindung.

Im Vortrag **Gasspeicher in Deutschland im internationalen Vergleich** von Herrn Sedlacek, NLfB Hannover, wurde eine Übersicht zu den 42 Gasspeichern mit einem Arbeitsvolumen von 19,1 Mrd. m³ in Deutschland gegeben, die Eigenschaften der verschiedenen geologischen Speichertypen herausgearbeitet und das hohe technologische Niveau der deutschen Speicher im internationalen Vergleich dargestellt.

Der Vortrag **Optimierte Speicherentwicklungsplanung am Beispiel einer ausgeförderten Gaslagerstätte** von Herrn Spreckels, KBB Hannover, widmete sich dem planerischen Optimierungsprozeß vor einer Speicherrichtung zwischen minimaler Bohrlochzahl und deren Lozie- ▶

Anzeige

ITAG

Ihr zuverlässiger Partner seit mehr als 90 Jahren
Fahrbare und stationäre Anlagen
für Bohrungen und Aufwältigungen



- Öl
- Gas
- Geothermie
- Untergrundspeicher



ITAG Tiefbohr GmbH + Co. KG
Itagstrasse · D-29221 Celle / Germany
Tel. (0 51 41) 9 14-0 · Telefax (0 51 41) 9 14-3 88
www.itag-celle.de · e-mail: info@itag-celle.de



DIN ISO 9001



Certified Company

rung, kapitalintensivem Kissengasvolumen und erforderlicher Kompressorleistung. Die optimale Parameterkombination wurde über ein Lagerstätten-Simulationsmodell in Kombination mit einem Wirtschaftlichkeitsmodell gefunden.

Im **Vortrag Methodik zur Verbesserung der Speicher-Performance** der Herren Schneider und Stark, GASAG Berlin, erfolgte eine Charakterisierung des besonderen Aquiferspeichers Berlin unter der Stadt. Die verschiedenen Methoden und Technologien zu einer flexiblen Betriebsführung unter den gaswirtschaftlichen Anforderungen einer Großstadt sind dargelegt worden.

Kapazitätskonvergenzen zwischen Poren- und Hohlraum speichern von Prof. Kretzschmar, DBI Freiberg, stellte vor, wie sich Hohlraum speicher zu großen Gasvolumenspeichern und Porenspeicher zu Spitzenleistungsspeichern unter wesentlichen technologischen Merkmalen entwickelt haben.

Der Vortrag **Druckerhöhung in Porenspeichern** von Herrn Zipper, VNG Leipzig, zeigte die frühzeitige Einführung dieser wirtschaftlichen Maßnahme zu vergrößertem Arbeitsgasvolumen und höherer Förderleistung, aber auch die zu untersuchenden geologischen Kriterien. Relativ hohe Druckgradienten sind auch in Porenspeichern erreichbar.

Die Dichtheit von Bohrungen stand im Vortrag **Langfristige Integrität und Verfügbarkeit von Speicherbohrungen** von Prof. Reichetseder, ITE Clausthal, im Mittelpunkt. Speicherbohrungen unterliegen einem Planungshorizont von mehr als 50 Jahren und erfordern die langfristige Dichtheit im Verbund Rohr-Zement-Gebirge. Dazu existieren nur spärliche wissenschaftliche Untersuchungen, die ausgeweitet werden sollten. Dieser Vortrag beendete den methodischen Teil des Kolloquiums.

Der dritte Teil konzentrierte sich auf Erfahrungsberichte einzelner Firmen:

Der Ausbau des Gasspeichers Breitbrunn in Bayern zu einer mehrschichtigen Speicheranlage wurde im Vortrag **Inbetriebnahme der 2. Ausbaustufe des Erdgasspeichers Breitbrunn/Eggstätt** von Herrn Frey, RWE-DEA Hamburg, dargelegt, insbesondere die Bohren und Komplettierungen der Horizontalbohrungen, die mit Coiled Tubing Technik perforiert wurden.

Der Vortrag **Entwicklung des Erdgasspeichers Reitbrook im Hinblick auf gaswirtschaftliche Anforderungen** der Herren Dr. Borgmeier, HEIN-GAS Hamburg, und Dr. Dietzel, Preussag Energie Lingen, beschäftigte sich mit der Deckung einer Gasabgabeschwankung von 1:15 zwischen Sommer und Winter durch einen Kavernenspei-

cher und einen Porenspeicher mit Horizontalbohrungen, wobei die Winterspitze zu 50 % aus den Gasspeichern geliefert werden kann.

Von Herrn Sommer, Wintershall Barnstorf, wurde im Vortrag **Leistungsoptimierung im Speicher Rehden mittels Horizontalbohrtechnik und Stimulationstechnik** der Aufschluß dieses großen Gasvolumenspeichers durch relativ wenige Horizontalbohrungen dargestellt, von denen teilweise 10fach größere Produktivitäten im Vergleich zu vertikalen Bohrungen gemessen wurden. Selektive Matrixsäuerungen des Karbonat-Speichergesteins und Tubingvergrößerungen verstärkten das Leistungsvermögen.

Der Vortrag **Leistungssteigerung im Aquiferspeicher Kalle** der Herren Klafki, ESK Freiberg, und Below, RWE Gas Dortmund, zeigte einerseits die bedeutende Steigerung der Injektions- und Förderleistung durch zwei Horizontalbohrungen auf, andererseits das reservoirmechanische Speichermonitoring durch Simulationsmodelle auf verschiedenen Standards im laufenden Speicherbetrieb.

Die Texte und Bilder der Vorträge können als Tagungsband (Euro 25,-) und CD (Euro 20,-) vom ITE der TU Clausthal bezogen werden.

Die Wirkung feinsten, luftgetragener Partikel erforschen

Privatdozent Dr. rer.nat. Dr.-Ing. habil. Wolfgang Koch wurde vom Rektor der TU Clausthal Prof. Dr. Ernst Schaumann zum außerplanmäßigen Professor ernannt. Professor Koch leitet die Abteilung Aerosoltechnologie am Fraunhofer Institut für Toxikologie und Aerosolforschung in Hannover.

Wolfgang Koch, geboren 1953, studierte an der Universität Hannover Physik und promovierte dort 1980 mit einer Arbeit zur Festkörperphysik. Im Jahre 1996 habilitierte er sich in Clausthal für das Fachgebiet Umweltverfahrenstechnik. Professor Koch ist seit dem Jahr 2000 Präsident der Gesellschaft für Aerosolforschung und Mit-

herausgeber der Zeitschrift „Journal of Aerosol Science“.

Seine Lehr- und Forschungsgebiete sind die Partikelmeßtechnik und die Aerosoltechnologie. Aerosole sind ein System fester und flüssiger Stoffe in einem Gas. Partikel, die so leicht sind, dass sie auch bei Windstille nicht zu Boden sinken, bilden den Keim für Tröpfchen; ein Nebel entsteht so. Die Größe luftgetragener Partikel schwankt typischerweise zwischen wenigen Tausendstel Mikrometern bis zu einigen zehn Mikrometern (0,00001 cm).

Die Abteilung für Aerosoltechnologie am genannten Hannoveraner Fraunhofer Institut befasst sich schwerpunktmäßig mit Partikelmess-technik und Verfahrenstechnik zum Studium der gesundheitlichen Aspekte luftgetragener Partikel im Rahmen eines interdisziplinären Forscherteams. Welche Partikel enthält ein Abgas? Welchen Partikelkonzentrationen ist ein Mensch an seinem Arbeitsplatz und seiner Umwelt ausgesetzt? Wie entstehen Umweltaerosole und welches sind die relevanten Quellen? Aber auch heilende Aerosole, die bekanntesten sind Medikamente zur Behandlung von Erkrankungen der Atemwege (beispielsweise Asthma), werden untersucht. Neben angewandten Forschungs- und Entwicklungsarbeiten, werden grundlagenorientierte Themen im Bereich der Physik und Verfahrenstechnik der Aerosole bearbeitet.

Von 1988 bis 1989 war Professor Koch zu einem Forschungsaufenthalt am Institut für Chemieverfahrenstechnik der Universität von Kalifornien in Los Angeles als Forschungsstipendiat der Alexander von Humboldt-Stiftung zu Gast. An der TU Clausthal hält Professor Koch für Studierende der Umweltschutztechnik seit 1991 Vorlesungen auf dem Gebiet der Luftschadstoffe.



Bei der Ernennung: (von links) Dr. P. Kickartz, Kanzler, Prof. Dr.-Ing. R. Weichert, Institut für Mechanische Verfahrenstechnik, Frau Prof. Dr. G. Schmidt, Dekanin MVC, Prof. Dr. E. Schaumann, Rektor, apl. Prof. Dr. W. Koch, Frau Koch.

Rufannahme:

Dr.-Ing. Volker Wesling, Burgsmüller GmbH, Kreiensen, MPM Gruppe, C4-Professur für Schweißtechnik und Trennende Fertigungsverfahren.
Prof. Dr. Stefan Brass, Universität Gießen, C3-Professur für Datenbanken.

Ruferteilungen:

Prof. Dr. Hans-Jörg Bart, Universität Kaiserslautern, C4-Professur für Thermische Verfahrenstechnik
Prof. Dr. R. Kienzler, Bremen, C4 -Professur für Festkörpermechanik
Prof. Dr. Kurt Matzler, C3-Professur für Betriebswirtschaftslehre und Marketing
Dr.-Ing. Gunther Brenner, C3-Professur für Strömungsmechanik
Dr. Christoph Burmann, Münster, C3-Professur für Betriebswirtschaftslehre und Marketing
Hochschuldozent Dr. techn. Leonhard Reindl, Institut für Elektrische Informationstechnik, C3-Professur für Messtechnik

Seltene und hohe Auszeichnung

Ehrendoktorwürde für Prof. Dr. H. Schaeffer – International anerkannter Wissenschaftler

Prof. Dr. Helmut Schaeffer, international anerkannte Koryphäe auf dem Fachgebiet Glas, hat am 20. Juli die Ehrendoktorwürde der TU Clausthal verliehen bekommen. Prof. Dr. A. Wolter, Dekan der Fakultät für Bergbau, Hüttenwesen und Maschinenwesen, überreichte ihm in einer außerordentlichen Sitzung der Fakultät in der Aula der TU die Ehrenurkunde. An dem Festakt nahmen Vertreter der Oberharzer Hochschule, der Stadt, sowie der Glasindustrie und auswärtige Wissenschaftler teil.

Prof. Wolter und Prof. Frischat, würdigten die wissenschaftliche Arbeit von Prof. Schaeffer, der als Präsident der International Commission on Glass, weit über Deutschland hinaus großes Ansehen genießt. Neben dem großen Fachwissen würdigte Prof. Frischat, der Prof. Schaeffer seit 1965 kennt und

mit ihm freundschaftlich verbunden ist, dessen Persönlichkeit. Sehr gute englische Sprachkennt-

nisse, Zuverlässigkeit und ausgezeichnete wissenschaftliche Reputation bereiteten ihm nach seiner Habilitation und Berufung zum Professor 1980

den weiteren Karriereweg.

So wurde Prof. Schaeffer 1985 Geschäftsführer der Hüttentechnischen Vereinigung der Deutschen Glasindustrie (HVG), der Deutschen Glastechnischen Gesellschaft, Leiter des HVG-Forschungsinstituts und Herausgeber der Zeitschrift Glastechnische Berichte.

Prof. Schaeffer ist der TU auf vielfältige Weise verbunden. Er nahm an mehreren Fachtagungen in Clausthal teil, unterstützte Forschungsvorhaben, stand als Gutachter bei Habilitations- und Ernennungsverfahren bereit. Außerdem half er bei der Umstrukturierung der Clausthaler Physik.



Prof. Dr. Helmut Schaeffer (r.) mit dem Dekan der Fakultät für Bergbau, Hüttenwesen und Maschinenwesen, Prof. Dr.-Ing. A. Wolter

Dr. Regina Semmler-Ludwig zur Honorarprofessorin ernannt

Der Rektor der TU Clausthal, Prof. Dr. Ernst Schaumann, ernannte die Leiterin des Sportinstituts, Frau Privatdozentin Dr. habil. Regina Semmler-Ludwig am 5. Juli zur Honorarprofessorin. Wissenschaftlich befasste sich Frau Professor Dr. Semmler-Ludwig in über 24 Publikationen unter anderem mit unterschiedlichen Antizipations- und Handlungsstrategien von Handballspielern. Bei fließenden Übergängen lassen sich, so fand sie heraus, zwei entgegengesetzte Herangehensweisen erkennen. Der von seinem Charakter her eher abwägende, „lageorientierte“ Handballer analysiert die Situation und sucht dann seine Chancen. Im Gegensatz hierzu der „handlungsorientierte“, mit aller Dynamik versucht er, seine Vorstellungen, wie der gegnerischen Mannschaft der in das Tor befördert werden kann, durchzusetzen. Welche Strategie aber ist die erfolgreichere? Und wie las-

sen sich die unterschiedlichen Charaktere erkennen und trainieren? Die Antworten hierauf lassen sich in gewissen Grenzen übertragen auf andere Bereiche, denn auch in jedem beruflichen Feld gilt es, optimale Lösungswege zu antizipieren und zu realisieren. Die von R. Semmler-Ludwig unter anderem eingesetzten Computer- und Videotests fanden daher bereits Beachtung in der Psychologie und im Bankmanagement und führten zu interessanten Folgeuntersuchungen in Kooperation mit Medizinern.

Regina Semmler promovierte 1988 nach erfolgreichem Hochschulabschluss als Diplomlehrerin für Sport und Biologie am Institut für Sportwissenschaft der Universität Rostock mit „Summa cum laude“. Von 1988 bis 1995 arbeitete Frau Semmler als Lehrerin im Hochschulsport und wissenschaftliche Mitarbeiterin in der Hansestadt. Forschungsstipendien der Alexan-

der-von-Humboldt-Stiftung und des DAAD führten sie 1991 an die FU Berlin, 1993 an die Universität von Kalifornien in Los Angeles und 1994 an die Universität von Santa Cruz, gleichfalls in Kalifornien. Dort setzte sie ihre interdisziplinären Studien in der Kinesiologie und Psychologie fort. 1996 kam Frau Dr. Semmler an die TU Clausthal als Leiterin des Sportinstituts. Ein vielfältiges Angebot, getragen vom Engagement der Sportlehrer und Mitarbeiter sowie der studentischen Übungsleiter und Obleute, trägt ihre Handschrift.

Neben dieser fordernden Tätigkeit steckte Frau Prof. Semmler-Ludwig ihre wissenschaftlichen Interessen nicht auf. 1998 erfolgte die Habilitation an der Universität Rostock. Das Thema der Habilitationsschrift, dessen Publikation vom Bundesinstitut für Sportwissenschaft in Köln gesponsort wurde, lautete „Funktionelle Variabilität sportlicher Bewegungen bei besonderer Berücksichtigung von Wahrnehmungen“. Sie basiert auf biomechanischen Untersuchungen in der technisch-akrobatischen Sportart Wasserspringen und bestätigt das Paradigma, dass kontrollierte Variabilität eine wichtige ►



Der Rektor, Prof. Dr. E. Schaumann gratulierte Frau Prof. Dr. R. Semmler-Ludwig.

Voraussetzung für hochklassige, stabile Ergebnisse bei komplexen Bewegungen ist. 1999 erhielt Regina Semmler an ihrer Heimatuniversität die „venia legendi“ und eine Privatdozentur. An der TU Clausthal hält sie seit 1996 im Rahmen des „Studium Generale“ Vorlesungen zu sportwissenschaftlichen und angrenzenden Themen mit den Schwerpunkten Sportpsychologie und Bewegungslehre. Bisher nahmen über 200 Studierende und Mitarbeiter an den sportwissenschaftlichen Lehrveranstaltungen teil, zahlreiche Studenten belegten Sporttheorie als nichttechnisches Wahlpflichtfach. Desweiteren engagiert sich Frau Prof. Regina Semmler-Ludwig als Bildungsbeauftragte des Hochschulsportverbandes Bremen/Niedersachsen insbesondere in der Koordinierung und Leitung von Fortbildungen für Übungsleiterinnen und Übungsleiter im Hochschulsport an der TU Clausthal sowie in der Region.

Dr.-Ing. habil. Karl-Heinz Spitzer zum Professor für Metallurgische Prozesstechnik (C4) ernannt

Dr.-Ing. habil. Karl-Heinz Spitzer wurde vom Rektor der TU Clausthal, Prof. Dr. Ernst Schumann, zum Professor für Metallurgische Prozesstechnik (C4) ernannt.

Professor Spitzer, geboren 1959 in Lippstadt/Westfalen, studierte von 1974 bis 1980 Mathematik und Physik an der Universität Bielefeld und promovierte 1985 an der TU Clausthal mit einer Arbeit über die Erstellung eines mathematischen Modells für das elektromagnetische Rühren beim Stranggießen von Stahl. Das elektromagnetische Rühren dient der Verbesserung der Erstarrungsstruktur des Stahls. Im engen Kontakt mit den industriellen Rührerherstellern (AEG-Elotherm) wurden diese Arbeiten in den Folgejahren fortgeführt.

Ein Schwerpunkt seiner aktuellen Forschungen ist u.a. das endabmessungsnahe Gießen von Stahl. Die Herstellung von Stahlband, wie es zum Beispiel für die Produktion von Autokarosserien benötigt wird, ist nach der heute üblichen Technologie mit hohen Energie- und Anlagenkosten verbunden. Weltweit wird an der Ent-

wicklung neuer Gießprozesse gearbeitet. Bei dem DSC-Verfahren wird der flüssige Stahl auf ein umlaufendes, von unten intensiv mit Wasser gekühltes Gießband aus Stahl gegossen. Der Stahl erstarrt, kommt sodann in eine zweite Kühlzone und wird anschließend direkt warm gewalzt.

Feuerfestmaterialien, wie sie bei der Metallherstellung Verwendung finden, werden üblicherweise mit Brennern vorgeheizt. Das hat eine Reihe von Nachteilen; das Material kann beschädigt werden, und das Aufheizen dauert lange. In Zusammenarbeit mit Didier und der Thyssen Stahl AG untersuchte Professor Spitzer die Möglichkeiten einer elektrischen (induktiven) Beheizung von Keramikmaterialien. Heute befinden sich erste technische Anwendungen bei der Firma Didier im Einsatz.

Mathematische Modelle zur Prozess- und Qualitätskontrolle für das Stranggießen sind ein weiterer Schwerpunkt seiner Forschungsaktivitäten. In der Lehre hielt Professor Spitzer u.a. die von ihm ausgearbeitete Vorlesung „Berechnung von Hochtemperaturprozessen“.

Im vergangenen Jahr erfolgte die Habilitation an der TU Clausthal für die Metallurgie. Sein bisheriges wissenschaftliches Werk umfasst rund 30 Veröffentlichungen und 13 Patente/Patentanträge.



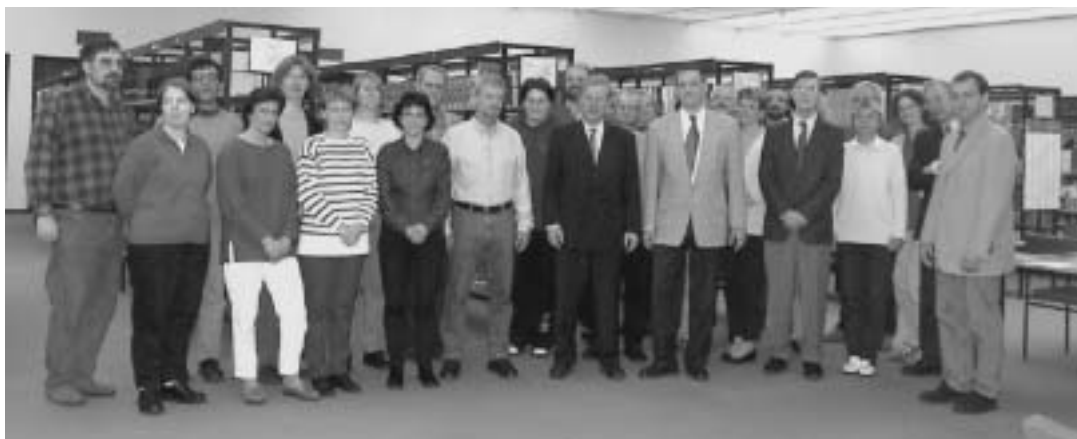
Prof. Dr.-Ing. Karl Heinz Spitzer

Dr. Joachim Schüling: Neuer Direktor der Universitätsbibliothek

Mit der Einführung des neuen Leiters, Dr. Joachim Schüling, in sein Amt am 2. Mai 2002 konnte die Schlüsselübergabe in der Universitätsbibliothek nahtlos vollzogen werden. Dies unterstreiche, wie Kanzler Dr. Peter Kickartz anlässlich der Begrüßung hervorhob, die besondere Bedeutung, die die Hochschulleitung dem Amt des Direktors der Hochschulbibliothek beimesse. Dr. Joachim Schüling kommt aus Hannover, wo er stellvertretender Bibliotheksleiter der Tierärztlichen Hochschule war.

Besonders hervorzuheben seien, erläuterte Dr. Kickartz die Entscheidung der Universität für Dr. Joachim Schüling, die Erfahrung und das nachhaltige Engagement bei der Einführung neuer elektronischer Systeme und Lösungen, die organisatorischen Leistungen und Kenntnisse gerade auch im Bereich kooperativer Vorhaben, die Leitungserfahrung in der Spitze der Universitätsbibliothek der Tierärztlichen Hochschule Hannover und ihrer einschlägigen Abteilungen sowie das breite fachliche Fundament, namentlich in den Natur-, aber auch in den Geisteswissenschaften. Dies sei eine ausgezeichnete Grundlage nicht nur für die Leitung der Universitätsbibliothek, sondern darüber hinaus beispielsweise auch für die Betreuung der Calvörschen Bibliothek, die Vortragsreihe des Senats und die Stellung des Bibliotheksdirektors als Leiter des Hochschularchivs. Dr. Kickartz verband die Einführung des neuen Direktors mit einem nochmaligen besonderen Dank an Dr. Helmut Cyntha, der in den vergangenen 17 Jahren die Universitätsbibliothek sehr erfolgreich, allgemein anerkannt und akzeptiert geleitet hat.

„Eine seltsamere Ware als Bücher gibt es wohl schwerlich in der Welt. Von Leuten gedruckt, die sie nicht verstehen; von Leuten verkauft, die sie nicht verstehen; gebunden rezensiert und gelesen von Leuten, die sich nicht verstehen, und nun gar geschrieben von Leuten, die sie nicht verstehen.“ Mit diesem hintergründigen Zitat des Göttinger Physikers und Satirikers Georg Lichtenberg (1742 - 1799) grüßte Professor Dr. Wilfried Lex von seiten der Bibliothekskommission Herrn Dr. Schüling. „Ich wünsche Ihnen, daß Sie sich im Umgang mit dieser seltsamen Ware in Clausthal wohlfühlen werden.“



Dr. Joachim Schüling (vordere Reihe, vierter von rechts) mit Dr. Kickartz (li.), seinem Vorgänger, Dr. Cyntha (r.), Prof. Dr. W. Lex (zweiter v. r.) im Kreise der Mitarbeiter der Bibliothek am Tag seiner Amtseinführung.

Vittorio-Gottardi-Preis für Dr. Ing. Joachim Deubener

Die International Commission on Glass (ICG) verleiht im Abstand von zwei bis drei Jahren den international angesehenen Vittorio-Gottardi-Preis an einen Wissenschaftler unter 40 Jahre. Vittorio Gottardi war Professor an der Universität Padua in Italien

und starb während seiner Zeit als Präsident der ICG.

Diesjähriger Preisträger ist Herr PD Dr.-Ing. habil. Joachim Deubener, der zum 1. Oktober 2002 die Professur für Glas und Glastechnologie am Institut für Nichtmetallische Werkstoffe übernahm.



Das Bild zeigt Dr. Deubener (Mitte) mit einem Unikat aus Murano-Glas und Dr. F. Nicoletti, Venedig (links) und Prof. Dr. H. A. Schaeffer, Frankfurt (rechts) den derzeitigen ICG-Präsidenten, während der Preisverleihung.

Optische Nachrichtentechnik in Anwendungs- und Grundlagenforschung



Prof. Dr. Detlev Kip

Apl. Professor Dr. Detlev Kip, Universität Osnabrück, wurde im Sommersemester zum Professor für Experimentalphysik/Optische Technologien (C3) an der TU Clausthal ernannt. Sein Arbeitsfeld in Forschung und Lehre ist die nichtlineare Optik und ihre Anwendung in der optischen Nachrichtentechnik, für die er neue Technologien und geeignete Materialien entwickelt. Als Zukunftsvision schwebt der internationalen Wissenschaftlergemeinschaft dabei vor, „neue optische Materialien zu entwickeln, mit denen die Information einer ganzen Bibliothek in einem holographischen Speicher von der Größe eines Zuckerwürfels untergebracht werden kann, oder kompakte optische Komponenten zu bauen, welche die Übertragungskapazität der heute bestehenden Glasfasernetze um mehrere Größenordnungen erhöhen“, benennt Professor Kip zwei Aspekte des Horizonts der Grundlagenforschung auf dem Gebiet nichtlinearer optischer Materialien.

Professor Kip, der in Münster von 1985 bis 1990 Physik studierte und an der Universität Osnabrück im Jahr 1993 promoviert und 1999 habilitiert worden ist, kooperiert hierfür u.a. mit Wissenschaftlern der Universität Princeton in den USA und des Technion in Israel. Forschungsaufenthalte führten ihn nach Kanada, Frankreich, China, in die USA und nach Brasilien. An der Universität Osnabrück war er in

den Sonderforschungsbereich 225 „Oxidische Kristalle für elektro- und magneto-optische Anwendungen“ als Doktorand und später als Projektleiter eingebunden.

An der TU Clausthal wird Professor Kip u.a. ein in Osnabrück begonnenes Projekt weiter verfolgen, bei welchem in einer dünnen LiNbO₃-Scheibe ein integriert-optischer „Add-Drop-Filter“ realisiert werden soll, mit dem einzelne Datenkanäle aus einer Glasfaser abgezweigt („Drop“) bzw. eingespeist („Add“) werden können. In zukünftigen WDM-Glasfasernetzen (Wavelength Division Multiplexing), bei denen viele eng benachbarte Wellenlängen gleichzeitig übertragen werden, soll ein Kanalabstand von 100 GHz oder 0,8 nm verwirklicht werden. In späteren Systemen ist eine weitere Verringerung auf 50 GHz (0,4 nm) bzw. 25 GHz (0,2 nm) geplant. Weltweit wird intensiv an der Verwirklichung verschiedener Konzepte von Wellenlängenmultiplexern und -demultiplexern gearbeitet. Die technologische Umsetzung der sehr geringen Kanalabstände stellt jedoch extrem hohe Anforderungen an die optischen Materialien und Technologien. „Mit einem neuartigen integriert-optischen Konzept, welches gleichzeitig die Funktion des notwendigen optischen Zirkulators mit übernimmt, glauben wir hier ein konkurrenzfähiges und auch kostengünstiges Bauelement realisieren zu können“, sagt Professor Kip und führt weiter aus, „auch wenn gerade im Augenblick die Investitionsbereitschaft in der IT-Branche gering ist, wird diese Technologie in einigen Jahren hundert- bis tausendfach höhere Übertragungsraten und -kapazitäten und damit viele heute nicht realisierbare Anwendungen ermöglichen.“

In einem weiteren Vorhaben wird es um sogenannte räumliche optische Solitonen gehen. Solitonen sind nichtzerfließende Wellenpakete; ein höchst verblüffendes Phänomen, kennt doch jeder aus der Alltagserfahrung die abnehmenden, sich ringförmig ausbreitenden Wellen nach dem Wurf eines Steines in einen See. In nichtlinearen optischen Medien wird die entsprechende räumliche Dispersion der Welle jedoch durch eine geeignete Nichtlinearität exakt kompensiert; die Welle läuft, ohne sich zu verbreitern, weiter. „Während sich Wellen klassischerweise verstärken oder auslöschen, können Solitonen sich wie Teilchen verhalten und im Idealfall sich völlig wechselwirkungsfrei durchdringen. In unseren Experimenten wollen wir diese Wechselwirkung im Detail studieren.“ So könnten optische zeitliche Solitonen etwa in Zukunft für die Nachrichtentechnik große Bedeutung erlangen.

Hier entsteht durch die Pulsverbreiterung, d.h. zeitliche Dispersion, ein kostenintensives Problem, müssen doch etwa alle 50 km die optischen Signale in einem Glasfaserkabel elektronisch aufbereitet und neu „geformt“ werden. Glasfasern mit angepassten nichtlinearen Eigenschaften können kurze optische Pulse in Form von zeitlichen Solitonen über Entfernungen von einigen tausend Kilometern ohne nennenswerte Verbreiterung transportieren. „Die elektronische Signalaufbereitung ist teuer und verursacht einen Großteil der heutigen Kosten von Glasfasernetzen“, erläutert Professor Kip. Professor Kips wissenschaftliches Werk umfasst bislang rd. 85 Veröffentlichungen, und er ist Gutachter verschiedener internationaler Fachzeitschriften.

Prof. Dr. Hennecke Präsident der BAM

Professor Dr. Manfred Hennecke, seit 1994 außerplanmäßiger Professor an der TU Clausthal und Vizepräsident der Bundesanstalt für Materialforschung und -prüfung (BAM), folgte im September Prof. Dr.-Ing. Dr. h.c. Horst Czichos im Amt des Präsidenten der BAM. Professor Hennecke studierte Chemie an der Bergakademie/Technische Universität Clausthal Chemie und promovierte in Physikalischer Chemie an der Universität Kaiserslautern. 1981 ging er als Post-Doktorand an die Ecole Supérieure de Physique et de Chimie Industrielles de Paris. Er habilitierte sich 1989 für das Fach Physikalische Chemie an der TU Clausthal und wurde Hochschuldozent für Physikalische Chemie (1990). 1991 kam er als Leiter der Fachgruppe Polymerwerkstoffe an die BAM in Berlin, wo ihm 1993 das Amt des Vizepräsidenten übertragen wurde.

Votocek-Medaille für Professor Dr. Frischat

In einem Festakt aus Anlass des 50-jährigen Bestehens der Hochschule für Chemische Technologie, Prag, CR, wurde Professor Dr. Günther Frischat, Institut für Nichtmetallische Werkstoffe, Technische Universität Clausthal, die Votocek-Medaille für die bisherige enge wissenschaftlich-technische Zusammenarbeit verliehen. Die Zeremonie fand in der gotischen Bethlehemskapelle in der Altstadt von Prag statt, dort, wo der Reformator Jan Hus die Bibel in die tschechische Sprache übersetzt hatte. Die Hochschule für Chemische Technologie entwickelte sich aus der Technischen Hochschule Prag und erhielt 1952 Universitätsrang. Professor Emil Votocek (1872 - 1950), ab 1907 Professor für Chemie an der Technischen Hochschule, baute die Fakultät für Chemische Technologie zu einer der sieben Fakultäten dieser Hochschule aus, die sich dann später verselbständigte. Votocek gilt als einer der Gründungsväter. Nicht nur die Anzahl der Studierenden ist mit etwa 3000 ähnlich der in Clausthal, auch das Fächerspektrum dieser Hochschule hat, was die Bereiche Chemie, Chemische Technologie, Werkstoffwissenschaften, Glas und Keramik eingeschlossen, große Verwandtschaft mit dem der TU Clausthal, so dass sich eine intensive Zusammenarbeit entwickeln konnte.



Die Verleihung der Votocek-Medaille fand in der Bethlehemskapelle in der Altstadt von Prag statt.

Dr. Jürgen Warrelmann wurde zum Honorarprofessor ernannt

Dr. Jürgen Warrelmann ist Koordinator für den Forschungsbereich Bodensanierung am Zentrum für Umweltforschung und Umwelttechnologie der Universität Bremen und hält seit 1995 an der TU Clausthal eine Vorlesung zur biologischen Altlastensanierung. Nun dankte die Universität ihm mit der Verleihung der Honorarprofessur, verbunden mit dem Wunsch, ihn noch stärker in Forschung und Lehre an die TU Clausthal zu binden.

Professor Dr. Jürgen Warrelmann, Jahrgang 1958, studierte in Göttingen Biologie und wurde im Jahr 1987 mit einer Arbeit über Wasserstoffbakterien promoviert. Nach seinem Wechsel an die Freie Universität in Berlin war er maßgeblich am Aufbau des Studienganges Mikrobiologie am Lehrstuhl von Frau Professor Dr. Friedrich beteiligt. 1989 ging er in die Industrie zur MBB/Deutsche Aerospace in Bremen. Dort war Professor Warrelmann für den Aufbau biotechnologischer Anlagen mit dem Schwerpunkt der Geräteentwicklung für Zellkulturen verantwortlich. Von 1992 bis 1997 war er bei der Firma

Umweltschutz Nord, Ganderkesee, im Bereich der Altlastensanierung tätig und leitete ein Biotechnikum, in welchem neue Wege für mikrobiologische Reinigungsverfahren erprobt wurden; der Bereich der Sanierung von Rüstungsaltslasten wurde ab 1995 ein weiterer Schwerpunkt seiner Arbeit. Seit 1998 ist Professor Dr. Warrelmann an der Universität Bremen tätig. Dort ist sein Aufgabengebiet die Einwerbung und Koordination anwendungsorientierter Drittmittelprojekte zur Bodensanierung, welche gemeinsam mit Industrieunternehmen durchgeführt werden. Die Koordinationstätigkeit erfolgt in enger Zusammenarbeit mit Herrn Professor Dr. Heyser, dem Leiter des Zentrums für Umweltforschung und Umwelttechnologie. An 45 Fachveröffentlichungen ist Pro-

fessor Warrelmann als Autor bzw. Co-Autor beteiligt. Im Studiengang Umweltschutztechnik nimmt seine Vorlesung, in welcher er u.a. das Abbauverhalten von Schadstoffen in der Umwelt sowie biologische Behandlungsverfahren für Verunreinigungen in Böden, Wasser und Abluft behandelt, eine zentrale Stellung ein.



Bei der Ernennung: (v. l. n. r.) Prof. Dr.-Ing. A. Wolter, Prof. Dr. E. Schaumann, Prof. Dr. J. Warrelmann, Frau Dr. Warrelmann, Prof. Dr.-Ing. E. Gock

Bei Tagung Abschied genommen

Kolloquium „Glas-Keramik-Bindemittel“: Leistungen von Prof. Dr. Günther Frischat gewürdigt.

Rund 170 Wissenschaftler, einige aus dem Ausland, nahmen an der Arbeitstagung „Glas-Keramik-Bindemittel“ teil. Für den geschäftsführenden Leiter des veranstaltenden Instituts für Nichtmetallische Werkstoffe, Professor Dr. Günther Frischat, ist das Treffen zugleich (inoffizielle) Verabschiedung im Kreis vieler Weggefährten.

Ende September scheidet Frischat offiziell aus dem Dienst, seine Professur für Glas am Institut für Nichtmetallische Werkstoffe übernimmt Dr. Joachim Deubener. 1970 hat er sich für das Fachgebiet „Nichtmetallisch-anorganische Werkstoffe“ an der TU habilitiert, die ihm längst zur „akademischen Heimat“ wurde, zumal er zwei Rufe an andere Universitäten ausschlug, wie er in seiner Begrüßungsrede in der Aula der TU zur Eröffnung der Tagung verriet.

Dem 65-Jährigen, der am Begrüßungsabend Geburtstag feierte, lag, wie er ausführte, stets

eine „aktuelle Forschung“ am Herzen. Mit nationalen wie internationalen Anerkennungen wurde das Institut vielfach ausgezeichnet. Weil nach Auffassung des baldigen Emeritus Wissenschaft nur im Vergleich über Ländergrenzen hinweg bestehen kann, veranstaltete er mehrere internationale Kongresse.

Über die Grundlagenforschung geriet die Zusammenarbeit mit der Industrie nicht aus dem Blick. Aus solchen Kooperationen ergaben sich reichlich Drittmittel und entstanden allein im vergangenen Jahr vier Patentanmeldungen.

Der Leiter des Institutes für Nichtmetallische Werkstoffe wird der TU nach seiner Pensionierung weiterhin zur Verfügung stehen. So können die Doktoranden, die gegenwärtig mit ihren Arbeiten befasst sind, weiter damit rechnen, von ihm betreut zu werden.

Der Prorektor für Studium und Lehre an der TU, Prof. Dr. Thomas Hanschke, eröffnete die

Arbeitstagung. Samtgemeindebürgermeister Walter Lampe begrüßte die Gäste im Namen der Stadt.

Hochrangige Wissenschaftler nahmen an dem Kolloquium teil, darunter Prof. Dr. Müller, Vorsitzender der Deutschen Glastechnischen Gesellschaft, und Prof. Dr. Schaeffer, Präsident der International Commission on Glass, dem am Sonnabend die Ehrendoktorwürde der TU Clausthal verliehen wurde. Alle Redner würdigten die große Leistung Frischats.

Hanschke bezeichnete Frischat als „idealtypischen Hochschullehrer schlechthin“, der wesentlich zum guten Ruf der TU beigetragen habe. Der Prorektor hob neben Frischats Fleiß, der sich in mehr als 200 Publikationen dokumentiere, dessen internationales Renommee und sein Engagement um den Nachwuchs hervor: „Mehr als 100 Diplomarbeiten, 86 Doktorarbeiten und drei Habilitationen hat er betreut.“



Prof. Dr. Frischat (vorne links) mit Familie. TU-Prorektor Prof. Dr. Hanschke (5.v.l.), Prof. Dr. Müller (3.v.r.) und Prof. Dr. Schaeffer (2.v.r.) hoben in der Aula der TU die Leistungen des baldigen Emeritus hervor.

HABILITATIONEN

Kao, Odej, Dr. rer. nat.:

Dynamisches Retrieval von multimedialen Daten auf parallelen Architekturen.

Fachgebiet: Informatik

Feldmann-Schönfisch, Ludger, Dr. rer. nat.:

Das Quartär zwischen Harz und Allertal mit einem Beitrag zur Landschaftsgeschichte im Tertiär.

Fachgebiet: Geologie

Strackeljan, Jens, Dr.-Ing.:

Einsatzmöglichkeiten von Softcomputing-Methoden zur Auslegung, Optimierung und Überwachung von Rotorsystemen.

Fachgebiet: Schwingungsmechanik

Tulbure, Ildiko-Camelia, Dr.-Ing.:

Integrative Modellierung zur Beschreibung von Transformationsprozessen.

Fachgebiet: Systemtechnik

Günster, Jens, Dr. rer. nat.:

Characterization of Adsorbed Molecular Species in a Multilayer Solvent Environment on Insulating Surfaces.

Fachgebiet: Oberflächenphysik der nichtmetallischen Werkstoffe

PROMOTIONEN

Mathematik und Informatik

Drews, Frank, Dipl.-Inf.:

Compilezeit-Scheduling in Multiprozessorsystemen.

Physik, Metallurgie und Werkstoffwissenschaften

Frommann, Lars, Dipl.-Ing.:

Prozessmodellierung zur Untersuchung der Imprägnierung textiler Halbzeuge mit Thermoplasten.

Hort, Norbert, Dipl.-Ing.:

Zum Verhalten der Kupfer-Nickellegierung Marinel unter Zugbelastung in korrosiven Medien.

Schnurre, Sophie Marie, Dipl.-Math.:

Thermodynamics, Phase Stability and Interface Reactions in the Silicon-oxygen System.

Wilm, Kirsten, Dipl.-Ing.:

Charakterisierung von Kieselglastiegeln für die Halbleiterherstellung und Diffusionsstudien zur Verlängerung der Standzeiten.

Studnitzky, Thomas, Dipl.-Phys.:

Isotherme Erstarrung in neuen Materialsystemen für hochtemperaturstabile Verbindungen.

Kühn, Robert, Dipl.-Ing.:

Untersuchungen zum Energieumsatz in einem Gleichstromlichtbogenofen zur Stahlerzeugung.

Geowissenschaften, Bergbau und Wirtschaftswissenschaften

Mischo, Helmut, Dipl.-Ing.:

Untersuchungen an Baustoffen auf Steinsalz-Anhydrit-Basis für Dammbauwerke im Steinsalzgebirge.

Maschinenbau, Verfahrenstechnik und Chemie

Becker, Hinnerk Gordon, Dipl.-Chem.:

Reaktionen an Polymeren mit Nitrilgruppen in der Seitenkette.

Becker, Wiebke, Dipl.-Chem.:

Entwicklung von Protonenaustauschermembranen mit erhöhter Oxidationsbeständigkeit.

Ehrenstein, Moritz, Dipl.-Chem.:

Polyamides x.34: A New Class of Polymer between Polyethylene and Polyamides.

Altwickler, Carsten, Dipl.-Ing.:

Entwicklung und Charakterisierung einer monolithischen Säule für schnelle chromatographische Applikationen und die polymerphasen-gebundene Katalyse und Synthese.

Klemp, Eric, Dipl.-Ing.:

Unterstützung des Konstrukteurs bei der Gestaltung von Spritzgussbauteilen, hergestellt im Rapid Prototyping und Rapid Tooling Verfahren.

Schwarzer, Stefan, Dipl.-Ing.:

Synthese von Ethyl-tert.-butylether und Butylacrylat an sauren Ionenaustauschern.

Bergbauer, Jörg, Dipl.-Wirtsch.-Ing.:

Entwicklung eines Systems zur interaktiven Simulation von Produktionssystemen in einer virtuellen Umgebung.

Geckler, Dieter, Dipl.-Ing.:

Änderungsschleifen in Fahrzeugprojekten – Simulation, Projektmanagement, Prozessgestaltung.

Steinborn, Susanne, Dipl.-Ing.:

Numerische Untersuchungen zur Verbesserung der Schweißnahtqualität beim Laserstrahlschweißen von Magnesiumlegierungen.

Schwetje, Torsten, Dipl.-Ing.:

Untersuchungen zum Hochfrequenzschweißen von Konturbauteilen.

Lauenroth, Thomas, Dipl.-Ing.:

Prozessanalyse des Kondensatorentladungs-Bolzenschweißens mit Spitzenzündung.

Daniel, Stefan, Dipl.-Ing.:

Untersuchungen zur Qualitätssteigerung von Laserstrahl- und Quetschnähten durch geeignete Nahtnachbehandlung.

Kiuntke, Marcus, Dipl.-Ing.:

Entwicklung und Einsatz einer Spülentmischungsanlage im Praxismaßstab in der einstreulosen Mastschweinehaltung zur Reduzierung gasförmiger Emissionen.

Busch, Matthias, Dipl.-Ing.:

Randschichtverfestigte Titanlegierung TiAl6V4 unter dynamischer und tribologischer Beanspruchung.

Stoll, Sorn, Dipl.-Ing.:

A New Modeling Approach to Analyze and Optimize the Performance of Power Systems.

Yousefi-Hashtyani, Farhad, Dipl.-Ing.:

Lebensdauerberechnung von Bauteilen bei mehrachsiger Betriebsbeanspruchung.

Fritzsche, Christian, Dipl.-Ing.:

Untersuchungen zum Hochfrequenzschweißen von Feinblechwerkstoffen.

Poss, René, Dipl.-Ing.:

Verformungseigenschaften von Magnesium-Blech in Abhängigkeit von Konditionierungs- und Walzrichtung.

Teupke, Sven Eric, Dipl.-Ing.:

Entwicklung vanadinkarbidhaltiger Schweißzusätze auf Eisenbasis für den Schutz gegen komplexe Beanspruchungen.

Verein von Freunden

Die Geschäftsführung des Vereins von Freunden der Technischen Universität Clausthal ist ständig bemüht, durch eine straffe Rationalisierung die Verwaltungskosten des Vereins zu senken, um einen möglichst großen Teil der eingehenden Gelder ihrem tatsächlichen Zweck, nämlich der Förderung der Technischen Universität Clausthal, zuführen zu können. Der geschäftsführende Ausschuss wendet sich daher an alle Mitglieder mit der Bitte, diese Bestrebungen zu unterstützen.

Der Verein muss in jedem Jahr erhebliche Mittel aufwenden, um die Adressenkartei auf dem laufenden zu halten. Einige der Mitglieder vergessen leider, bei einem Umzug ihre neue Anschrift anzugeben. Die Folge sind zurückkommende Sendungen, verlorenes Porto und Anfragen bei den Einwohnermeldeämtern mit erheblichen Gebühren, daher bitten wir herzlich darum, uns die neue Wohnanschrift mitzuteilen.

Alle Mitglieder werden gebeten, bei einem Wohnungswechsel dem Verein ihre neue Adresse umgehend mitzuteilen. ■

Einstieg und Karriere in einem veränderten beruflichen Umfeld

Ein höherer Absatz im Ausland, mehr ausländische Beschäftigte, Produktionsstätten in aller Welt und Anpassung an internationale Kapitalmarktstandards: In den großen deutschen Unternehmen – sie beschäftigten immerhin rund 15 Prozent aller Arbeitnehmer – hat in den Achtziger- und Neunzigerjahren ein Internationalisierungsschub stattgefunden. Die Chemieindustrie liegt dabei an der Spitze dieses Trends. 70 Prozent ihres Umsatzes erwirtschaftet sie heute im Ausland. In ihrer Unternehmenspolitik orientiert sie sich nach anglo-amerikanischen Vorbild am Renditeinteresse der Anleger. Zu diesen Ergebnissen kommt das Kölner Max-Planck-Institut für Gesellschaftsforschung in der im Juli dieses Jahres veröffentlichten Studie „Arbeitsbeziehungen in Deutschland: Wandel durch Internationalisierung“. Vor diesem Hintergrund boten die zweiten Clausthaler MONTA-

NEN-GESPRÄCHE am 10. Oktober zu dem Thema „Einstieg und Karriere bei der BASF“ um 17 Uhr auf dem Haus des Corps Montania, Erzstraße 45, vielfältigen Stoff für anregende Vorträge und Diskussionen.

Als Referenten konnten Dipl.-Ing. Rolf Haselhorst, Dr. Steffen Klensch und Dr. Andreas Böttcher vom Ludwigshafener Werk der BASF AG gewonnen werden. Dipl.-Ing. Rolf Haselhorst, Prokurist der BASF, stellte das Unternehmen in seinen weltweiten Aktivitäten vor. Im September stieg die BASF unter die 50 größten Unternehmen der Europäischen Union und der Schweiz auf, und in dem „Dow Jones Sustainability World Index“ ist die BASF Spitzenreiter unter den Chemieunternehmen. Dr. Klensch berichtete über „Anforderungen, Auswahlverfahren und Einstiegsmöglichkeiten für Chemiker und Ingenieure bei BASF.“ Dr. Böttcher sprach über die „Arbeit der Führungskräfteplanung und -entwicklung der BASF.“ Dr. Klensch stellte in seinem Vortrag die Verteilung der Mitarbeiter nach Abschlüssen, Fachrichtungen und Einsatzgebieten der BASF vor, zeigte die Einstiegsmöglichkeiten in die BASF auf und erläuterte die Anforderungen an Bewerber und Auswahlverfahren und nannte aktuelle Personalbedarfszahlen. Fachwissen und Fachkönnen bestimmten den Erfolg einer Führungskraft vor allem in der Phase des Berufseinstiegs und in den ersten Berufsjahren, das vorbildliche Vorleben von Grundwerten und das Führungsverhalten seien hingegen zentral für den unternehmerischen Erfolg einer Führungskraft, sagte Dr. Böttcher. ■

Anzeige



Seit 1829 Hand in Hand mit der Hochschule: Die Grosse'sche Buchhandlung (links)



Ihre Fachbuchhandlung für:
Technik • Naturwissenschaften
Bergbau • Umwelttechnik

GROSSE'SCHE BUCHHANDLUNG

ADOLPH-ROEMER-STRASSE 12 • TEL. (0 53 23) 9390 - 0 • FAX - 20

www.grosse.harz.de • buch@grosse.harz.de

D-38668 CLAUSTHAL-ZELLERFELD

Clausthaler Markscheider unterstützen Entwicklung in Südafrika

Dr.-Ing. Klaus Maas, Mitglied der Arbeitsgruppe von Prof. Dr.-Ing. Wolfgang Busch vom Institut für Geotechnik und Markscheidewesen, kehrte Anfang September von einer vierwöchigen Kurzzeitdozentur aus der Republik Südafrika zurück. In der nördlichen Provinz Südafrikas unterrichtete er an der jungen Venda Universität für Wissenschaft und Technik am Institut für Bergbau und Umweltgeologie die Fächer Geotechnik, Fernerkundung und Geoinformationssysteme.

Die Hochschule liegt unweit großer und moderner Bergbaubetriebe, wie z.B. dem Diamantentagebau Venetia und dem Kupfertagebau Palabora. 7500 Studenten zählt die Universität, davon sind über 1000 im Fachbereich Umweltwissenschaften angesiedelt, zu dem auch das Institut für Bergbau und Umweltgeologie gehört. Dr.-Ing. Klaus Maas schildert im Gespräch seine Eindrücke.

Die nördliche Provinz ist gekennzeichnet durch fruchtbare Böden und vielfältige Fauna und Flora. Nicht zuletzt die Nähe zum nördlichen Teil des Krüger Nationalparks und zahlreiche private Wildgehege machen die Region für Touristen reizvoll. Den ausländischen Touristen kommt ein günstiger Wechselkurs zugute. „Zwangsläufig sind viele Importprodukte für die Einheimischen praktisch unerschwinglich“, berichtet Dr.-Ing. Maas.

Die Provinz verfüge im Vergleich zum übrigen Südafrika über eine schwache Infrastruktur. „Das Mindesteinkommen beträgt hier umgerechnet 50 € im Monat. Sieben Arbeitstage die

Woche sind nicht ungewöhnlich“, beobachtete Dr.-Ing. Maas. In der Region herrsche eine hohe AIDS-Infektionsrate, deren genaue Zahl jedoch umstritten sei. Unumstritten sei die Gefahr von Malariainfektionen, insbesondere für Kleinkinder. Gefahr drohe auch durch eine hohe Kriminalitätsrate.

Das Niveau der renommierten Universitäten Südafrikas (z.B. Witwatersrand, Stellenbosch) wird von der Venda Universität bei weitem noch nicht erreicht. An der Venda Universität studieren ausschließlich schwarze Studenten. Ein Wechsel, z.B. nach Stellenbosch sei für die Studenten erschwert, da die Lehre in Stellenbosch von Afrikaans, der Sprache der Weißen in Südafrika, dominiert werde.

Ziel der südafrikanischen Regierung ist es, Absolventen der regionalen nördlichen Universitäten eine reelle Chance auf einen gut bezahlten Arbeitsplatz, z.B. in den modernen Bergwerken der Region, zu ermöglichen. Der Deutsche Akademische Austauschdienst (DAAD) fördert dies, indem er Aufenthalte deutscher Gastwissenschaftler für die Lehre in Südafrika und die Ausbildung südafrikanischer Doktoranden an deutschen Universitäten finanziell unterstützen will. Ein Grundsatz ist hierbei die Hilfe zur Selbsthilfe. Nicht einzelne Studenten sollten profitieren, sondern das Niveau der Lehre soll insgesamt und nachhaltig angehoben werden. Dadurch könne die Ausbildung das Nadelöhr für den Weg in eine bessere Zukunft sein, berichtet Dr.-Ing. Maas.

„Tag des Geotops“

am 6. Oktober mit 25 Stationen im Harz

Zu einer Reise in die Erdgeschichte, an den Küstensaum verschwundener Meere, zur Suche fossiler Saurierknochen oder seltsamer Tiere wie Kopffüßern lud der „Tag des Geotops“ ein. An 25 Plätzen im Harz erwarteten Geologen und Paläontologen, darunter auch Wissenschaftler der TU Clausthal, interessierte Laien zu Führungen. Als Geotope gelten schützenswerte Bildungen der unbelebten Natur, die Einblicke in Entstehung und Aufbau der Erdkruste bieten; oft leben an ihnen heute vom Aussterben bedrohte Pflanzen und Tiere.

Drei der insgesamt 25 Harzer Geotope seien hier, pars pro toto, genannt: So stellte beispielsweise Professor Dr. Hans-Jürgen Gursky die Hammerstein-Klippen am Stieglitzsee des Akker-Bruchbergs vor; sie sind Überbleibsel einer tropischen Meeresküste vor 340 Millionen Jahren. Erdbeben lösten untermeerische Rutschungen aus und verfrachteten die Quarzsande in eine Tiefseerinne, welche zementiert, über mehr als 300 Millionen Jahre angehoben und insbesondere in der letzten Eiszeit herauspräpariert wurden.

Wie übereinander geschichtete Wollsäcke liegen Granitblöcke unterhalb des Oderteiches am Talrand der Oder. Privatdozent Dr. habil. Ludger Feldmann erklärte diese „Laune der Natur“: Chemisch aggressive Wässer konnten an Kluftsystemen den Granit in wechsel- oder tropisch feuchtwarmen Klima zersetzen. Später wurden die verwitterten Zonen abgetragen und nur die härteren, bisweilen eiförmigen Blöcke blieben zurück.

Dr. Rainer Müller erwartete die Gäste am Steinbruch am Langenberg bei Oker. Hier ist an den steilstehenden Schichten erkennbar, wie der Harz in seiner Hebungsphase auf das nördliche Vorland aufgeschoben wurde – Zeugnisse aus 350 Millionen Jahren Erdgeschichte liegen hier nahezu lückenlos nebeneinander. Die Kalksteine sind ungewöhnlich reich an Fossilien vieler Arten von Urwelttierchen – vom Seeigel bis zum Saurierknochen.



Dr.-Ing. Klaus im Kreis seiner Studenten